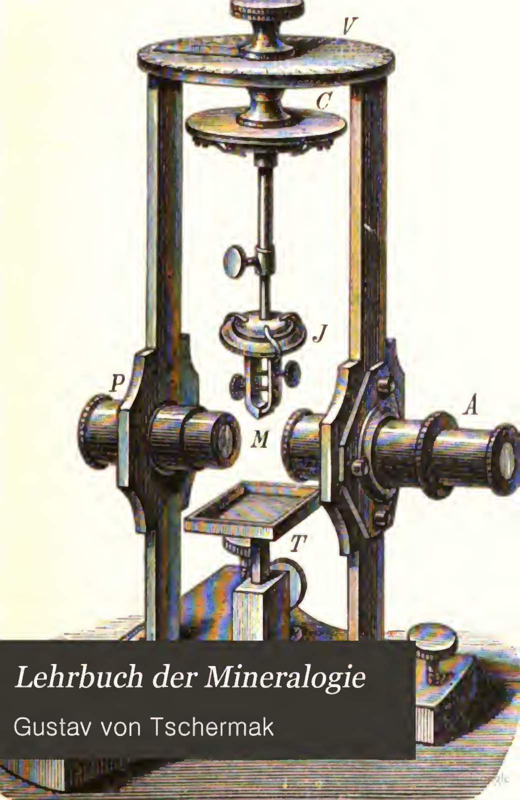
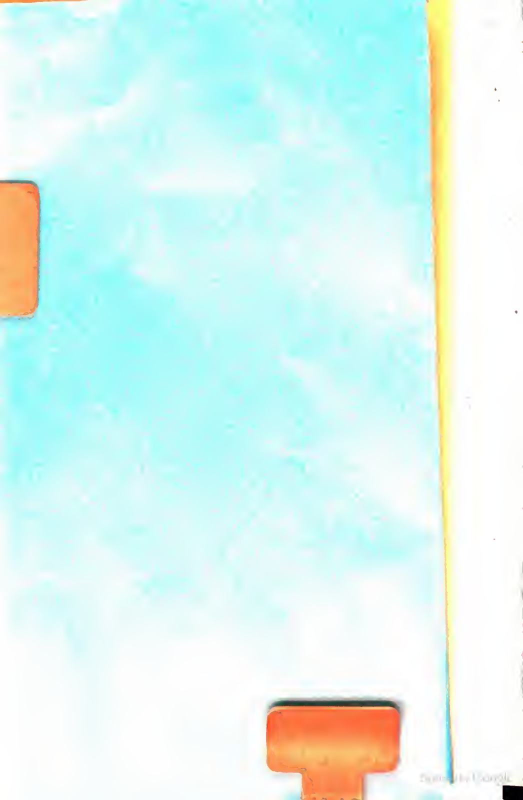


Lehrbuch der Mineralogie

Gustav von Tschermak



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

25094

LEHRBUCH

DER

MINERALOGIE

VON

Dr. GUSTAV TSCHERMAK,

K. K. HOFRATH, O. Ö. PROFESSOR DER MINERALOGIE UND PETROGRAPHIE AN DER WIENER UNIVERSITÄT

Plurima cum subeant audita aut cognita nobis
Pauca super refero.

ZWEITE VERBESSERTE AUFLAGE.

MIT 756 ORIGINAL-ABBILDUNGEN UND 2 FARBENDRUCKTAFELN.

WIEN, 1885.

ALFRED HÖLDER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER

ROTHENTHURMSTRASSE 15.

Digitized by Google

12030

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.

Digitized by Google

02-17-27 H.A.J.

Vorwort zur ersten Auflage.

Jeder, der in einem wissenschaftlichen Fache als Lehrer zu wirken in der Lage ist, wird in Beziehung auf die Auswahl und die Anordnung sowie auf die Behandlung des Stoffes im Laufe der Jahre zu einem festen Plane gelangen, welcher seinen eigenen Anschauungen und den Bedürfnissen seiner Zuhörer am besten entspricht. Demnach wird ein Lehrbuch, welches diesen Plan zur Darstellung bringt, einen individuellen Charakter zeigen und auch bei vollkommener Richtigkeit des Thatsächlichen den Einfluss des subjectiven Momentes erkennen lassen. Hieraus werden sich auch die Eigenthümlichkeiten des vorliegenden Werkes erklären, welches in erster Linie für meine Zuhörer bestimmt ist.

Was die Materien betrifft, welche hier zusammengefasst sind, wird sich vor Allem darin eine Abweichung von dem Herkommen ergeben, dass im allgemeinen Theile auch die Lehren von dem Auftreten und Zusammenvorkommen, sowie jene von der Bildung und Veränderung der Minerale kurz behandelt sind, Lehren, die sonst in die Geologie verwiesen wurden. Diese Neuerung wird aber von allen denen gebilligt werden, welche die Mineralogie nicht blos für eine Anwendung der Krystallographie, Optik und Stöchiometrie halten, sondern in dieser Wissenschaft die Naturgeschichte der Minerale erblicken. Diese umfasst aber nicht blos das Sein, sondern auch das Werden, nicht blos den augenblicklichen Zustand, sondern alle Zustände der Minerale von ihrer Bildung bis zum Untergange, sie betrachtet die Minerale nicht blos als Objecte der Sammlung, sondern als Bestandtheile der Erdrinde, welche in örtlichem, stofflichem und zeitlichem Zusammenhange stehen. Es war übrigens eine blosse Inconsequenz, die genannten Lehren dem allgemeinen Theile vorzuenthalten, da man doch nicht umhin konnte, bei den Beschreibungen im speciellen Theile das Vorkommen und die Veränderungen bei den einzelnen Arten zu erwähnen.

Die übrigen Abschnitte folgen der bisherigen Ordnung. Im allgemeinen Theile sind jene Lehren, welche das Verständnis des Folgenden ermöglichen,

Digitized by Google

in der Ausdehnung behandelt, dass einerseits keine besonderen Kenntnisse vorausgesetzt, andererseits Erläuterungen vermieden werden, welche zweckmässigerweise dem Vortrage und der praktischen Anleitung zuzuweisen sind. Dies bezieht sich auf die Projection der Krystalle, Auflösung der Combinationen, Bestimmung der Minerale u. s. w.

Im speciellen Theile wird man bemerken, dass ich nur jene Gattungen und Arten bespreche, welche in mehrfacher Beziehung wichtig sind, und mir nur dann eine Ausnahme gestatte, wenn es der Zusammenhang erfordert. Am Schlusse ist eine besondere Anführung der Gemengtheile der Meteoriten beigefügt aus dem Grunde, um die Aufmerksamkeit des Anfängers auf dieses Capitel zu lenken, das immer mehr an Wichtigkeit gewinnt.

Bei der Aufnahme der Thatsachen liess ich es nicht an Vorsicht fehlen, daher manche Angaben übergangen, andere erst nach genauer Prüfung benutzt wurden, so dass ein Theil des Angeführten durch eigene Beobachtungen oder Rechnungen controlirt, bisweilen auch ergänzt ist.

In Bezug auf die Anordnung wird man in den äusseren Umrissen eine Aehnlichkeit mit Naumann's Elementen wahrnehmen, da ich es für geboten halte, die logische Durchbildung, welche die grossen Meister unserem Wissensschatze verliehen haben, zu bewahren und nur dort zu reformiren, wo es der wahre Fortschritt des Unterrichtes erfordert. In der Darstellung wähle ich häufig, um die Anschaulichkeit zu erhöhen, die genetische Folge, betrachte also die Erscheinung im Werden, anstatt nur das Ergebnis zu analysiren, und suche überhaupt der inductiven Methode möglichst treu zu bleiben. Dieser gemäss werden überall, wo es thunlich, die Thatsachen zuerst für sich behandelt und erst später unter dem Gesichtspunkte der Theorie vereinigt. Das Fortschreiten vom Einfachen zum Zusammengesetzten erfordert in der Krystallographie eine Anordnung, deren ich mich seit Jahren bediene, die aber Manchem auffallen wird, weil die Reihe der Kystallsysteme mit den triklinen Formen anhebt. Die Macht der Gewohnheit ist vielleicht zu gross, als dass ich schon jetzt auf Nachahmung rechnen dürfte, doch ist es mir nicht zweifelhaft, ob diese Methode sich später Geltung verschaffen werde. In dem Abschnitte über Mineralchemie folgt die Anordnung dem gleichen Principe, die Darstellung ist aber möglichst knapp gehalten, wie dies den Umständen entspricht. In dem systematischen Theile ist gegenüber der früher üblichen Eintheilung nach dem chemischen Principe die Abänderung darin gelegen, dass auf die moderne Classification der Grundstoffe Rücksicht genommen wird. Im optischen Theile wurde auch das gegenwärtig viel umstrittene Capitel der Mimesie kurz besprochen. Das Erscheinen des Werkes in Lieferungen verursachte bezüglich der Beispiele einige unwesentliche Incongruenzen, welche mir der Einsichtige nicht allzuhoch anrechnen wird.

Am Schlusse der Abschnitte und, wo es unausweichlich ist, im Texte sind Angaben der Literatur beigefügt. Diese haben den Zweck, denjenigen, welche tiefer in das Studium des Faches einzudringen beabsichtigen, die Auffindung aller wichtigen Arbeiten zu ermöglichen, sie verfolgen jedoch ihr

Digitized by Google

Ziel in einer Weise, welche durch die Rücksicht auf die einem Lehrbuche gesteckten Grenzen geboten erscheint. Demnach werden für jene Gebiete, über welche Sammelwerke mit Quellenangaben vorhanden sind, gewöhnlich blos diese bezeichnet, ferner bei der Anführung der Abhandlungen solche bevorzugt, welche ein Verzeichnis der Literatur enthalten.

Bei der Ausstattung des Werkes hat der Herr Verleger nichts gespart, was dem Buche zum Vortheil gereichen könnte. Die Zeichnungen für die Illustrationen wurden von den Herren Prof. Dr. F. Becke in Czernowitz, Dr. M. Schuster und Dr. H. Wichmann in Wien mit der grössten Sorgfalt ausgeführt, auch wurden von den Herren Bergrath Prof. Pošepny in Přibram und Prof. Rumpf in Graz wichtige Beiträge geliefert. Die Farbentafeln sind von Herrn Dr. M. Schuster in einer bisher unerreichten Vollkommenheit entworfen worden. Bei der Correctur, welche in der ersten Auflage eines solchen Werkes eine schwierige Aufgabe ist, wurde ich von den Herren Prof. Becke und Dr. Schuster auf das eifrigste unterstützt. Den genannten Herren sage ich hier den gebührenden Dank, ebenso jenen werthen Herren Collegen, welche durch die günstige Aufnahme, die sie den beiden ersteren Lieferungen zu Theil werden liessen, die Vollendung des Buches wesentlich gefördert haben.

Wien, im October 1883.

Vorwort zur zweiten Auflage.

In dieser zweiten Auflage sind die Mängel, welche sich in der ersten herausgestellt hatten, verbessert worden. Für die bezüglichen Mittheilungen und Bemerkungen bin ich vielen verehrten Fachgenossen, besonders aber den Herren F. Becke, A. Frenzel, C. Klein, G. vom Rath, V. v. Zepharovich und F. Zirkel zu vielem Danke verpflichtet, ebenso Herrn M. Schuster für die eifrige Mithilfe, welche mir derselbe bei der Correctur des Textes und der Farbentafeln, ferner bei der Herstellung der neuen Figuren zu Theil werden liess.

Wien, im Jänner 1885.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Mineralogie 1. Entwicklung der Wissenschaft 2. Eintheilung 6. Studium der Mineralogie 7. Literatur 8.

Allgemeiner Theil 11

I. Morphologie 11

Krystallisirt, krystallinisch 11. Amorph 11. Grösse der Individuen 12. Krystall 12. Bildung der Krystalle 13. Das Wachsen 15.

Constanz der Winkel 17. Krystallmessung 18. Flächenlage 21. Symmetrie 23. Hemiëdrie 26. Hemimorphie 28. Axen 28. Parameter 30. Flächentypen 31. Parametergesetz 32. Erklärung 33. Bezeichnungsweise 41. Projection 43. Zonenverband 46.

Triklines System 48. Monoklines S. 50. Rhombisches S. 53. Tetragonales S. 55. Hexagonales S. 60. Tesserales S. 68.

Parallele Verwachsung 77. Zwillingskrystalle 78. Zwillinge höheren Grades 89. Mimetische Krystalle 90. Erklärung 94. Verwachsung ungleichartiger Krystalle 95.

Ausbildungsweise der Krystalle 97. Mikrolithe 100. Mikroskopische Untersuchung 101. Oberfläche der Krystalle 102. Inneres der Krystalle und Individuen überhaupt 105. Einschlüsse 107.

Krystallgruppe 113. Krystalldruse 114. Formen krystallinischer Minerale 115. Formen der amorphen M. 118. Pseudomorphosen 119. Versteinerungen 123.

II. Mineralphysik 125

Elasticität, Cohärenz 125. Spaltbarkeit 127. Gleitflächen, Schlagfiguren 130. Bruch 133. Härte 133. Aetzung 139. Verstäubung 143.

Lichtreflexion 144. Glanz 147. Durchsichtigkeit 148. Lichtbrechung 148. Farbenzerstreuung 153. Absorption 154. Farben 155. Strich 157.

Interferenz 157. Polarisation 161. Orthoskop 167. Erkennung der Doppelbrechung 168. Auslöschungsrichtungen 169. Erscheinungen dünner Platten 171. Interferenzfiguren 172. Dispersion der optischen Axen 176. Axenwinkelapparat 178. Stauroskop 181. Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung 182. Optische Orientirung 184. Theoretische Erläuterung 185.

Circularpolarisation 188. Pleochroismus 190. Verhalten der einzelnen Krystallsysteme 193. Erscheinungen an Zwillingen und mimetischen Krystallen 196. Doppelbrechung durch Druck und Spannung 199. Anomale Krystalle 200. Durch Textur bedingtes Verhalten 200. Fluorescenz und Phosphorescenz 200.

Digitized by Google

Seite

Wärmestrahlung 201. Wärmeleitung 202. Wirkungen der Wärme in Krystallen 203. Schmelzen und Verdampfen 206.

Elektricität 207. Galvanismus 210. Magnetismus 211. Bestimmung des specifischen Gewichtes 212.

III. Mineralchemie 215

Analyse und Synthese 215. Einfache Stoffe 216. Prüfung auf trockenem Wege 217. Auf nassem Wege 220. Erkennung der Bestandtheile in einfachen Fällen 221. Mikrochemische Analyse 224. Gewichtsbestimmung 226. Gesetz der Mischungsgewichte 227. Erklärung 229.

Molecnlargewicht, Atomgewicht 231. Formeln 233. Reaction 234. Wasserstoffverbindnngen 235. Chlorverbindungen 236. Sauerstoffverbindungen 237. Schwefelverbindungen 240.

Salze 241. Mehrfach zusammengesetzte Verbindungen 243. Krystallwasser 245. Molekelverbindungen 246. Berechnung der Formel 247.

Polymorphie 248. Isomorphie 250. Isomorphe Mischung 254. Darstellung der Verbindungen 259.

IV. Lagerungslehre 261

Auftreten der Minerale 261. Verbreitung 262. Paragenesis 263. Succession 263. Vorkommen 264. Gesteine und Lagerstätten 265. Gemengtheile 266.

Lagerungsformen 266. Spalten und Absonderungen 268. Krusten und Füllungen 269. Imprägnationen 273. Massengesteine 275. Schichtgesteine 275. Das Wasser 276.

V. Entwicklungslehre 279

Methoden 279. Werden und Vergehen 280. Zunahme der Mannigfaltigkeit 280. Bildungsweise 281.

Erstarrungsproducte 282. Bildungen durch Dämpfe 284. Lösung 285. Niederschlagsbildung 288. Mineralbildung in Seen 288. Absätze der Quellen 290. Bildungen der Tiefe 291. Producte der Bodenwässer 293. Mineralbildungen, veranlasst durch Organismen 294.

Veränderung der Minerale 296. Zersetzung 297. Aufnahme und Abgabe von Stoffen 298. Austausch 298. Fällung 299.

Bedeutung der Pseudomorphosen 300. Eintheilung derselben 301. Bildung der Versteinerungen 303. Umwandlung des Gefüges 303. Umwandlung der Substanz 305. Verwitterung 305. Verdrängung 306. Kreislauf der Stoffe 307.

VI. Classification 308

Vergleichung, Unterscheidung 308. Künstliche Systeme 309. Natürliches System 310. Genetische Anordnung 311.

Wesentliche Eigenschaften 312, Gattung und Art 312. Classification der Mischungen 314. Gruppirung der Gattungen 314. Ordnungen und Classen 316. Chemische Classification 316. Anordnung im speciellen Theile 317. Charakteristik 319. Nomenclatur 320.

Specieller Theil 322

I. Elemente 324

Metalloide 324. Sprödmetalle 328. Schwermetalle 330.

II. Lamprite 334

Kiese 334. Glanze 349. (Schwefelglanze 349. Selenglanze 354. Tellurglanze 355. Anhang 355.) Fahle 355. (Eisenspiessglanze 356. Bleispiessglanze 356. Fahlerzartige 357. Giltigerze 362.) Blenden 366.

Digitized by Google

Seite

III. Oxyde 371

Hydroite 371. Leukoxyde 373. (Quarzgruppe 377.) Stilboxyde 388. Ocher 394. Erze 395.

IV. Spinelotype 412

Aluminate 412. Borate 414. (Wasserfreie Borate 414. Wasserhaltige Borate 416)

V. Silicotype 417

Carbonate 417. (Wasserhaltige und basische Carbonate 417. Normale wasserfreie Carbonate 420.) Silicide 438. (Olivingruppe 439. Pyroxen-Amphibolgruppe 442. Leucitgruppe 453. Werneritgruppe 456. Feldspathgruppe 458. Andalusitgruppe 472. Granatgruppe 476. Epidotgruppe 484.) Hydrosilicate 489. (Zeolithe 490. Galmeigruppe 499. Nontronitgruppe 500. Serpentingruppe 501. Chlorite 506. Glimmer 510. Thone 517.) Titanolithe 520.

VI. Nitrotype 522

Tantaline 522. Pharmakonite 523. (Antimonate 523. Wasserhaltige Arsenate 523. Wasserfreie Arsenate 524. Arsenite 525. Vanadate 525.) Phosphate 525. (Wasserfreie Phosphate 525 Wasserhaltige Phosphate 530) Nitrate 532.

VII. Gypsotype 534

Sulfate 534. (Wasserfreie Sulfate 534. Wasserhaltige Salinarsulfate 541. Alumosulfate 547. Ferrisulfate 549. Vitriole 549. Basische Kupfer- und Bleisulfate 550.) Chromate 551. Tungsteine 551.

VIII. Halite 554

Kerate 554. Halate 555. Fluoride 560.

IX. Anthracide 562

Carbonsalze 562. Harze 563. Kohlen 564. Bitume 568.

Anhang 572

Die Gemengtheile der Meteoriten 572

Digitized by Google

Einleitung.

1. Mineralogie. Die Rinde unseres Planeten besteht aus starren und aus flüssigen Massen, welche von einer luftigen Hülle umgeben sind. Jene Massen erscheinen gleichartig wie der Kalkstein oder aus verschiedenen Theilen zusammengesetzt wie der Granit. Alle die unterscheidbaren Bestandtheile, welche in grösserem oder in kleinerem Massstabe die Erdrinde zusammensetzen, werden Minerale genannt[1]). Man pflegt sie oft zu den belebten Wesen, den Organismen, in Gegensatz zu stellen und als anorganische Naturkörper zu bezeichnen, doch werden nicht alle anorganischen Körper als Minerale betrachtet, sondern blos diejenigen, welche ihrer Entstehung nach der Erdrinde zugehören.

Die Wissenschaft von den Mineralen wird Mineralogie genannt. Sie ist ein Theil der Naturgeschichte, welche die Aufgabe hat, eine vollständige Kenntnis der unmittelbaren Naturproducte oder Naturkörper, und zwar sowohl nach ihrem gegenwärtigen Zustande als nach ihrer Entstehung und ihren Veränderungen zu sammeln und in geordneter Weise darzustellen.

Die Mineralogie will demnach in erster Linie die Beschaffenheit der Minerale, also alle an denselben wahrnehmbaren wesentlichen Eigenschaften und Erscheinungen, sowie deren Beziehungen, ferner das Auftreten und die Verbreitung der Minerale in geordneter systematischer Form beschreiben, zweitens aber auch die Geschichte derselben, also die Bildung und Veränderung, das Werden und Vergehen dieser Naturkörper zur Darstellung bringen. Ihr Ziel ist die Kenntnis der Minerale im Einzelnen und im Zusammenhange, und zwar sowohl im Zustande der Beharrung als der Veränderung, also die Kenntnis des Seins und Werdens der unterscheidbaren Bestandtheile der Erdrinde. Sie geht so wie die übrigen

[1]) Mineralis, e, von mina, gegrabener Gang, Stollen, das wieder mit minari zusammenhängt, welches gehen machen, in Bewegung setzen, führen, aber auch gehen bedeutet, und mit dem ital. menare und dem franz. mener übereinkommt (Mitth. von Prof. K. Schenkl). Ich ziehe die Pluralform Minerale der früher gebräuchlichen Mineralien vor.

Digitized by Google

Zweige der Naturgeschichte der Geologie voraus, welche den Bestand und die Geschichte der Erdrinde im Ganzen erforscht.

In neuerer Zeit ist der Vorschlag gemacht worden, das Gebiet der Mineralogie zu erweitern und in der neuen Doctrin, welche als Anorganographie zu bezeichnen wäre, nicht blos die Minerale, sondern auch alle übrigen leblosen Naturproducte abzuhandeln. Die vielen im Gebiete der Chemie neu entdeckten Verbindungen sind in der That auch Naturproducte und ihre Kenntnis ist in krystallographischer und in chemischer Beziehung so wichtig wie die der Minerale. Ihre Entstehungsweise ist aber eine ganz andere als die der Minerale und es erscheint daher dem Ziele der Naturgeschichte nicht entsprechend, in dieselbe ein so heterogenes Gebiet, welches in der systematischen Chemie seinen Platz findet, aufzunehmen.

2. Entwickelung der Wissenschaft. Schon in den frühesten Epochen der Cultur ist die Bildung und die Veränderung der Erde Gegenstand des Nachdenkens gewesen, und geologische Speculationen machten sich in mannigfacher Form geltend. Die Kenntnis der einzelnen in der Erdrinde auftretenden Körper war hingegen zu jener Zeit noch eine sehr geringe. Nur das Gold und die Minerale, welche als Edelsteine im Verkehr der Menschen eine Rolle spielten, werden schon in den älteren Schriften genannt. Von Aristoteles und seinem Schüler Theophrast wissen wir, dass dieselben auch über andere Minerale Nachrichten einzogen und niederschrieben. Plinius der Aeltere, welcher i. J. 79 n. Chr. starb, sammelte alle ihm zugänglichen Berichte über Steine und gab unvollkommene Beschreibungen, die meistens nicht zu bestimmen erlauben, welche Minerale unter den angegebenen Namen zu verstehen seien. Nach der Zerstörung der griechischen und römischen Cultur waren es die Araber, welche die Naturwissenschaften pflegten. Der arabische Arzt Avicenna (980—1036) unterschied bereits Steine, brennbare Minerale, Salze und Metalle.

Als nach langem Schlummer der Sinn für Wissenschaft sich in Europa wieder zu regen begann, war es der Bergbau in Deutschland, welcher den Anstoss zur Betrachtung des Mineralreiches gab. Georg Agricola, Arzt zu Joachimsthal und Chemnitz (1490—1555), schrieb in seinem Werke: De natura fossilium 1546 nieder, was er aus den Schriften der Alten und von den Bergleuten der Umgebung gelernt und was er selbst beobachtet hatte. Die hier gebrauchten Namen Quarz, Kies, Spath u. s. w. sind echt bergmännische, die Beschreibungen haben aber schon einen wissenschaftlichen Charakter, da die Merkmale, welche die Härte, Spaltbarkeit, die Form, der Glanz der Minerale darbieten, bereits angewendet werden. Das Aufblühen der Künste und die Wiedererweckung der Wissenschaften im sechzehnten Jahrhundert treffen aber keineswegs mit grossen Leistungen auf unserem Gebiete zusammen, da sich der Sinn für Naturbetrachtung begreiflicherweise zuerst den Bewegungen am Sternenhimmel zuwandte, aber das folgende Jahrhundert zählt schon wichtige Entdeckungen, wie jene der doppelten Strahlenbrechung im Kalkspath durch Erasmus Bartholin 1670, ferner die fast zur selben Zeit erfolgte Wahrnehmung der Beständigkeit der Kantenwinkel an Krystallen durch Steno, und die vielen Entdeckungen Boyle's in dem Bereiche

der Mineralchemie, welche alle in der Gründung einer Wissenschaft der Steinwelt zusammenwirkten. Doch gelang es erst dem 18. Jahrhundert, einen Einblick in das Wesen dieses Gebietes zu eröffnen.

Der berühmte schwedische Naturforscher Linné (1707—1778) war zwar bei seinem Versuche, die Minerale ähnlich wie die Organismen nach ihrer äusseren Form zu classificiren, nicht glücklich, aber unter seinen Landsleuten erstanden eifrige Mineralogen wie Cronstedt (1722—1765), welche, durch die Erfahrungen bei den Hüttenprocessen und durch eigene Versuche geleitet, auf das chemische Verhalten der Minerale ihr Augenmerk richteten und die Minerale nach den Hauptbestandtheilen anordneten. Die Regelmässigkeit, welche durch die Gestalt der Krystalle dargeboten wird und welche früher nur nebenher beachtet wurde, veranlasste Romé de l'Isle i. J. 1783 die Beschreibung und Abbildung der von ihm wahrgenommenen Formen herauszugeben. Das Gesetz aber zu erkennen, welches die mannigfachen Krystallgestalten desselben Minerals beherrscht, war dem Abbé Hauy (1743—1822) in Paris vorbehalten. Vor diesem hatte zwar schon der Chemiker Torbern Bergman gezeigt, dass man die Formen des vielgestaltigen Kalkspathes durch Aufschichtung von Rhomboëdern erhalten könne. Hauy kam aber unabhängig von Bergman zu der gleichen Vorstellung und fand nicht nur beim Kalkspath, sondern ganz allgemein bei den Mineralen das Gesetz ausgesprochen, dass die Krystalle desselben Minerals nur solche Gestalten zeigen, welche sich aus gleichgrossen und gleichgeformten Theilchen aufbauen lassen. Die Gestalt der letzteren wurde die Grundform genannt. Mittels dieses Gesetzes konnten von jetzt an die Kantenwinkel der Krystalle vorausberechnet werden. Hauy zeigte aber auch die praktische Seite seiner Entdeckung. Durch Bestimmung der Grundform vermochte er viele Minerale zu unterscheiden, welche bisher zusammengeworfen worden waren. Die gleichzeitigen Analysen eines Klaproth, Vauquelin u. A. bestätigten die Verschiedenheit der durch die Form getrennten Minerale. Die Abhängigkeit der Krystallgestalt von der chemischen Zusammensetzung trat jetzt allmälig hervor, das Mineralsystem erhielt eine neue Gestalt. Auch die Kenntnis der physikalischen Verhältnisse der Minerale wurde durch Hauy's Forschungen eröffnet.

Zu gleicher Zeit wirkte in Deutschland A. S. Werner (1750—1817) auf der Bergschule zu Freiberg in einer anderen Richtung, indem er die Unterscheidung der Minerale durch einfache äussere Kennzeichen lehrte und durch seine anziehende Vortragsweise, welche Schüler aus allen Erdtheilen versammelte, das Interesse für diese Wissenschaft in weite Kreise verbreitete. Sein System, welches die Arbeiten der schwedischen Mineralogen wahrnimmt, ist auf chemischer Grundlage basirt. Christian Samuel Weiss in Berlin (1780—1856) gewann der krystallographischen Richtung in Deutschland viele Anhänger, indem er die Methode Hauy's durch Einführung der Krystallaxen verbesserte, ferner die Zonenlehre begründete und viele Anwendungen derselben entdeckte. F. Mohs (1773—1839, anfangs in Freiberg, zuletzt in Wien) theilt mit dem Vorigen den Ruhm, die Krystallographie im geometrischen Sinne umgestaltet zu haben. Er zeigte sich im Uebrigen als eifriger Schüler Werner's durch den Versuch,

Digitized by Google

eine Eintheilung der Minerale ausschliesslich auf die äusseren Kennzeichen derselben zu gründen. Seine Methode, welche von ihm die naturhistorische genannt wurde, weicht aber von jener durch Hauy und Werner eingeführten darin ab, dass sie die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung der Minerale nicht anerkennt. Sie wurde von dem ausgezeichneten schwedischen Chemiker Berzelius nachdrücklich bekämpft, jedoch verfiel dieser in den entgegengesetzten Fehler, indem er die Mineralogie als einen Theil der Chemie erklärte.

Nun trennen sich die Richtungen in der Mineralogie mehr und mehr, da von den Forschern die einen auf dem Wege der Geometrie und der Physik in das Gebiet eintreten, die anderen durch die Chemie dahin geleitet werden, und da bei der Zunahme des Forschungsgebietes eine Theilung der Arbeit nöthig wird. Die chemische Richtung, von Berzelius, der eine grosse Anzahl der Mineralkörper nach neuen und genaueren Methoden analysirte, in ausserordentlicher Weise ausgebildet, führte zur Entdeckung der Isomorphie, als Mitscherlich zeigte, dass häufig Körper von verschiedener chemischer Zusammensetzung die gleiche oder eine ähnliche Krystallform darbieten. Die Methoden der Analyse erlangten durch Chemiker, wie Heinrich Rose und R. Bunsen, eine ungeahnte Schärfe. Zahlreiche Untersuchungen von Stromeyer, Plattner, Damour, v. Kobell, Scheerer, Rammelsberg und vielen Anderen führten zur genauen Kenntnis der Zusammensetzung sowohl der bekannten als zahlreicher neuer Minerale. Die Resultate zeigten, dass viele Minerale einfache chemische Verbindungen sind, während andere und zwar oft sehr verbreitete Minerale, wie z. B. Feldspathe, Augite, durch Zusammenkrystallisiren mehrerer chemischer Verbindungen gebildet werden. Diese Mischung bei Erhaltung einer bestimmten Krystallform wurde später als die wichtigste Erscheinung erkannt, welche über den Aufbau der Krystalle aus den kleinsten Theilchen Aufschluss geben kann. Die neuere Atomistik, welche sich in der Chemie Geltung verschaffte, wirkte auch auf die mineralogische Forschung, indem sie sowohl die chemische Beschaffenheit als auch die physikalischen Eigenschaften und die Form der Minerale als Wirkungen derselben Ursache betrachten lehrte.

Jene von Hauy begründete Anschauung, welche den Aufbau der Krystalle zugleich als einen mechanischen Vorgang betrachtet, wurde von Bravais in Paris und von Frankenheim in Breslau wieder aufgenommen, welche aus der Form und der Spaltbarkeit auf die Regelmässigkeit des inneren Gefüges der Krystalle schlossen, die aber jetzt aus schwebenden Theilchen aufgebaut gedacht werden. Sohncke und Mallard bildeten die Theorie des Krystallbaues weiter, Knop machte den Versuch, die Wachsthumserscheinungen der Krystalle unter diesen Gesichtspunkt zu bringen.

Die Krystallographie als Lehre von der äusseren Gestalt verfolgte inzwischen den geometrischen Weg, welcher ihr durch die Arbeiten eines Naumann, Miller u. A. gebahnt wurde. Der erstere gab der krystallographischen Methode durch Anwendung der analytischen Geometrie eine grosse Eleganz und vermochte durch seine einfache Darstellungsweise das Verständnis der schwierigen Disciplin allgemein zu verbreiten, während Quenstedt die Methode von S. C. Weiss

weiter ausbildete und später V. v. Lang durch Formulirung der Symmetriegesetze die Betrachtung der Formen wieder auf einen natürlicheren Weg leitete. Die Anwendung der rechnenden Krystallographie, wie sie von G. Rose, G. vom Rath erfolgreich gehandhabt wurde, führte zur genauen Kenntnis der Formen sehr vieler Minerale. Die abstracte geometrische Wissenschaft erhielt aber erst wieder, man möchte sagen Fleisch und Blut, als der Zusammenhang zwischen der Form und den physikalischen Eigenschaften klargestellt, als namentlich die Gesetze der Lichterscheinungen in den Krystallen vollkommen erkannt waren. Dieselben wurden von Brewster, Biot, Senarmont an den einzelnen Mineralen verfolgt, und es wurde die Handhabung der optischen Untersuchung durch Haidinger, Kobell, Grailich weiter ausgebildet, endlich von Descloizeaux die consequente optische Prüfung der durchsichtigen Minerale ausgeführt. Nach solchen Vorarbeiten unternahm es P. Groth, die Methoden der Untersuchung allgemein zugänglich zu machen, ferner eine einheitliche Darstellung der Form und der physikalischen Eigenschaften der krystallisirten Körper zu geben. Bald wurden die optischen Methoden Gemeingut der Mineralogen, welche nun im Stande waren, dieselben für die Unterscheidung aller durchsichtigen Minerale zu benützen und durch genauere Prüfung der Krystalle den feineren Bau derselben zu erkennen, welcher sich öfters fast ebenso zart und verwickelt erwies, wie jener der Organismen.

In gleicher Zeit war die mikroskopische Untersuchung durch D. Brewster, Gustav Rose, Sorby, Zirkel in Aufnahme gekommen und erwarb sich diese Richtung bald viele Freunde. Durch den Eifer des letzteren Forschers wurde die Mineralogie um ein bedeutendes Gebiet vergrössert. Das Gefüge der krystallisirten Minerale, ihre Verbindung und ihr gegenseitiges Verhalten wurde genauer bekannt, besonders aber wurde die Kenntnis von der Verbreitung der einzelnen Minerale völlig umgestaltet, als nunmehr auch solche Minerale, die früher nur an einzelnen Punkten gefunden waren, als häufige Bestandtheile der Erdrinde erkannt wurden. Es ist begreiflich, dass diese Richtung, welche eine feinere Anatomie der Minerale und ihrer Gemenge begründet, in fortwährender Erweiterung ihrer Methode begriffen ist, welche durch Prüfung und kritische Sichtung, wie sie von Rosenbusch u. A. gepflegt wird, immer mehr an Sicherheit gewinnt.

Die Gesteinlehre, welche durch Werner begründet worden, erhielt in solcher Weise einen grösseren Umfang, aber auch die Kenntnis von dem Auftreten und dem Zusammenvorkommen der Minerale im Allgemeinen und insbesondere auf den Erzlagerstätten wurde durch die Arbeiten von Breithaupt, B. Cotta, F. Sandberger und vieler Anderer bedeutend erweitert.

Die Systematik verlor in der neueren Zeit einigermassen an Interesse, da weder die einseitige physikalische noch die extreme chemische Richtung zu einem befriedigenden Resultate geführt hatte. Breithaupt folgte den Spuren von Werner und Mohs. G. Rose unternahm eine Gruppirung nach krystallographischem und chemischem Princip zugleich. Naumann versuchte eine Eintheilung, welche beiden Forderungen in consequenter Weise gerecht werden wollte. J. Dana gab eine Classification auf Grundlage der chemischen Zusammen-

setzung allein. Die Mehrzahl der Mineralogen sah jedoch ihre Hauptaufgabe nicht in der Aufstellung von Systemen, sondern war bemüht, die Snmme der exacten Beobachtungen zu vermehren nnd das Wesen der Mineralkörper durch allseitige Prüfung aufzuklären. Viele emsige Forscher, von welchen ansser den früher angeführten nur Bondant, Brooke, Phillips, Hausmann, Zippe, Kenngott, v. Kokscharow, Scacchi, Sella, Hessenberg, Websky, v. Zepharovich, Streng, Schrauf, Klein genannt werden mögen, vor allen aber der unermüdliche Gerhard vom Rath, haben durch ihre zahlreichen Entdeckungen den Schatz des Wissens in diesem Gebiete ungemein bereichert, so dass die Gattungen in ihrem Zusammenhange immer deutlicher hervortraten und die Grundlagen eines natürlichen Systems geschaffen wurden.

Die Naturgeschichte der Minerale im engeren Sinne oder die Lehre von der Bildung und Veränderung dieser Naturkörper als Bestandtheile der Erdrinde konnte zufolge der Schwierigkeiten, welche der Beobachtung und dem Experimente entgegenstehen, mit den Fortschritten auf den Nachbargebieten nicht immer gleichen Schritt halten. G. Bischof (1792—1870) war der Erste, welcher die Entwicklungsgeschichte der Minerale als einen wichtigen Zweig der Naturkenntnis hervorhob, und der durch eigene Arbeiten, sowie durch Vergleichung fremder Beobachtungen das beständige Werden und Vergehen im Bereiche der Erdrinde beleuchtete. Haidinger unternahm es, einige dieser Vorgänge auf einfache Principien zurückzuführen, Volger und Scheerer beschrieben viele der veränderten Minerale und suchten ihren Zusammenhang zu denten. Bunsen gab durch seine chemischen Arbeiten das Beispiel exacter Untersuchung. J. R. Blum und J. Roth förderten die Einsicht durch Zusammenstellnng der Beobachtungen. Senarmont, Daubrée betraten mit Erfolg den synthetischen Weg, indem sie die künstliche Darstellung von Mineralen unter Verhältnissen, welche den in der Natur herrschenden ähnlich sind, ausführten. Lemberg verband letztere Methode mit der früher befolgten analytischen, um Veränderungen der Minerale nachznahmen. In der letzten Zeit verfolgt die Forschung einerseits die zuletzt bezeichneten Wege, anderseits aber sammelt sie durch die mikroskopische Beobachtung der in den Gesteinen erkennbaren Zersetznngen und Umwandlungen ein reiches Material, das in Verbindung mit den geologischen Thatsachen jene Erscheinungen aufzuklären bestimmt ist, welche man als das Leben des Erdkörpers bezeichnen könnte.

3. Eintheilung. Die Mineralogie als Doctrin wird in zwei Theilen abgehandelt, in einem allgemeinen nnd einem speciellen. Die allgemeine Mineralogie umfasst die Lehre von jenen Erscheinungen, welche an allen oder an einer grösseren Zahl von Mineralen auftreten, ferner die Darlegung der Beziehungen, welche sich im Ganzen heransstellen. Die specielle Mineralogie behandelt die einzelnen Mineralgattungen im Besonderen und in systematischer Folge.

In der allgemeinen Mineralogie bezieht sich ein Theil auf die Form der Minerale, ist also Morphologie, welche in Krystallographie oder Lehre von den regelmässigen Formen und in Structurlehre zerfällt, die sich mit den Aggrega-

tionsformen der Mineralindividuen beschäftigt. Ein zweiter Theil ist die Mineralphysik, welche die physikalischen Erscheinungen behandelt, ein dritter die Mineralchemie, welche die stoffliche Zusammensetzung der Minerale zum Gegenstande hat, der vierte die Lagerungslehre, welche das Auftreten und die Vergesellschaftung der Minerale betrachtet, der fernere die Entwicklungsgeschichte, welche die Bildung und die Veränderung der Minerale erörtert, und der sechste die Classification der Minerale, welcher die Principien der systematischen Eintheilung entwickelt.

In allen diesen Abtheilungen werden Eigenschaften, Beziehungen und Veränderungen der Minerale abgehandelt und insoferne ist der allgemeine Theil eine Physiologie der Minerale. Zugleich aber werden für die einzelnen Eigenschaften, welche zur Unterscheidung der Minerale dienen, die üblichen Bezeichnungen oder Kunstausdrücke (Termini) angeführt und insofern ist hier auch die Terminologie enthalten. In früherer Zeit, da man die Aufgabe der Naturgeschichte darauf beschränkt glaubte, dass sie blos die Begriffe der Naturkörper zu entwickeln und zu ordnen, also blos die Naturdinge kunstgerecht zu beschreiben habe, war der allgemeine Theil blos Terminologie, wogegen die Physiologie eine untergeordnete Rolle spielte. Gegenwärtig ist das Verhältnis umgekehrt.

In der speciellen Mineralogie werden die Begriffe der einzelnen Mineralgattungen in systematischer Folge entwickelt. Dieser Theil gibt also die Beschreibungen der Mineralgattungen und ordnet dieselben nach bestimmten Principien, ausserdem aber erörtert er im Besonderen die Beziehungen, die Bildungsweise und die Veränderungen, sowie das Vorkommen und die Verbreitung der Minerale. Von der technischen Verwendung, welche Gegenstand der Lithurgik ist, sowie von der commerciellen Bedeutung einzelner Minerale wird in wissenschaftlichen Darstellungen gewöhnlich nur das Wichtigste angeführt.

4. Studium der Mineralogie. Das Studium unserer Wissenschaft setzt heutzutage einige elementare Kenntnisse voraus. Eine Einsicht in die Formverhältnisse wird nur derjenige gewinnen, welcher sich die elementaren Lehren der Geometrie eigen gemacht hat. Selbstständige Beobachtungen und Berechnungen auf dem Gebiete der Krystallographie beruhen auf der Anwendung der einfachsten Sätze der analytischen Geometrie und der sphärischen Trigonometrie. Die richtige Beurtheilung der physikalischen Erscheinungen, der Substanzverhältnisse, der Bildung und Veränderung der Minerale setzt die Kenntnis der Anfangsgründe aus der Physik und Chemie voraus, namentlich solche aus der Optik und der Mineralchemie. Ein eingehendes Studium der Mineralogie erfordert aber eine länger dauernde praktische Handhabung der chemischen Mineralanalyse, ein Umstand, der öfters übersehen wird und welcher deshalb an dieser Stelle besonders hervorgehoben werden muss. Dass neben den Studien in der Sammlung und im Laboratorium die Beobachtung in der Natur eifrig gepflegt werden muss, bedarf wohl keiner besonderen Ausführung.

Wegen der nothwendigen Vorbereitung in den Hilfswissenschaften könnte die Erwerbung eines gründlichen mineralogischen Wissens ziemlich schwierig

Digitized by Google

erscheinen, doch wirken heutzutage zwei Umstände zusammen, um das Studium zu erleichtern und den Weg der Forschung zu ebnen. Erstens vereinfacht sich die Methode des Unterrichtes, welcher stets den Zusammenhang der Erscheinungen betont, fortwährend, und zweitens führen die mineralogischen Institute und Laboratorien, deren Gründung den letzten Jahren angehört, den Anfänger auf bedeutend abgekürztem Wege zur selbstständigen Beobachtung und zur geeigneten Anstellung der Versuche. Die günstigen Folgen sind schon jetzt erkennbar. Die Theilnahme an der mineralogischen Wissenschaft ist merklich gestiegen und der Kreis der eifrigen Forscher in erfreulicher Zunahme begriffen.

5. Literatur. Von den Sammelwerken und Zeitschriften, welche für die Mineralogie von Wichtigkeit sind, mögen hier einige besonders angeführt werden.

Lehrbücher:

Handbuch der Mineralogie von C. A. S. Hoffmann, fortgesetzt von A. Breithaupt. 4 Bände. Freiberg 1811—1817.
Hauy. Traité de Minéralogie, sec. edit. 4 vol. nebst Atlas. Paris 1822.
Beudant Traité de Minéralogie, sec. edit. Paris 1830—1832.
Mohs. Leichtfassliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreichs. 2. Aufl. Wien 1836—1839.
Breithaupt. Vollständiges Handbuch der Mineralogie. Dresden 1836—1847.
Hausmann. Handbuch der Mineralogie. 3 Thle. Göttingen 1828—1847.
Haidinger. Handbuch der bestimmenden Mineralogie. 2. Ausgabe. Wien 1851.
Phillips. Elementary introduction in Mineralogy. New edition by Brooke and Miller. London 1852.
Dufrénoy. Traité de Minéralogie. 2. ed. Paris 1856—1859.
Naumann. Elemente der Mineralogie. 11. Aufl. bearb. v Zirkel. Leipzig 1881.
Quenstedt. Handbuch der Mineralogie. 3. Aufl Tübingen 1877.
Descloizeaux. Manuel de Minéralogie. Tome I. Paris 1862. Tome II. 1. 1874. (Wird fortgesetzt.)
Dana, J. System of Mineralogy. 5 ed. New-York 1868 mit drei Nachträgen bis z J. 1882.
— E. Textbook of Mineralogy. 2. Aufl. New-York 1883.

Werke über Krystallographie und Krystallphysik:

Naumann. Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie. 2 Bde. Leipzig 1829—1830.
Kupffer. Handbuch der rechnenden Krystallonomie. Petersburg 1831.
Miller. Treatise on Crystallography. Cambridge 1839. Deutsche Uebersetzung von Jörres.
Rammelsberg Lehrbuch der Krystallkunde. Berlin 1852.
Naumann. Elemente der theoretischen Krystallographie. Leipzig 1856.
Miller. Lehrbuch der Krystallographie, übersetzt und erweitert von J. Grailich. Wien 1856.
Karsten, H. Lehrbuch der Krystallographie. Leipzig 1861.
Kopp Einleitung in die Krystallographie. 2. Aufl. Braunschweig 1862.
v. Lang. Lehrbuch der Krystallographie. Wien 1866.
Schrauf. Lehrbuch der physikalischen Mineralogie. 2 Bde. Wien 1866 u. 1868.
Bravais. Études cristallographiques. Paris 1866.
Quenstedt. Grundriss der bestimmenden und rechnenden Krystallographie Tübingen 1873.
Rose, G. Elemente der Krystallographie. 3. Aufl. Berlin 1873. Zweiter Band von Sadebeck 1876.
Groth. Physikalische Krystallographie Leipzig 1876.

Knop, A System der Anorganographie. Leipzig 1876.
Klein, C. Einleitnng in die Krystallberechnung. Stuttgart 1876.
Mallard. Traité de Cristallographie. Bd. I. Paris 1879. Bd. II. 1884.
Liebisch. Geometrische Krystallographie. Leipzig 1881.

Ueber die mikroskopische Beschaffenheit der Minerale handeln:

Rosenbusch. Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigsten Mineralien Stuttgart 1873.
Zirkel. Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine. Leipzig 1873.
Fonqné et Michel Lévy. Minéralogie micrographiqne. Paris 1879.
Cohen. Sammlung von Mikrophotographien zur Veranschaulichung der mikroskopischen Struktur von Mineralien und Gesteinen. 80 Tafeln. 2 Anfl. Stuttgart 1884.

Die chemische Zusammensetzung und chemische Prüfung der Minerale wird in folgenden Werken erörtert:

Rose, H. Handbuch der analytischen Chemie. Herausgeg. v. R. Finkener. 2 Bde. 1867—1871.
Wöhler Die Mineralanalyse. Göttingen 1862.
Plattner. Die Probirkunst mit dem Löthrohre. 4. Anfl. von Th. Richter. Leipzig 1866.
Fresenius. Anleitung zur qualitativen Analyse. 14. Anfl. 1874.
— Anleitung zur quantitativen Analyse. 5. Aufl 1866. 6. Anfl. bisher I. Bd. und 5 Liefrg. des II. Bandes erschienen. Braunschweig 1875—1882.
Rammelsberg Handbuch der Mineralchemie. 2. Aufl. Leipzig 1875.

Zur Bestimmung der Minerale sind zu empfehlen:

v. Kobell Tafeln zur Bestimmung der Mineralien. 12. Aufl. von Oebboke. München 1884.
Fuchs. Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. 2. Aufl. Giessen 1875.
Hirschwald. Löthrohrtabellen. Leipzig u. Heidelberg 1875.
Brush. Mannal of determinative Mineralogy. New-York 1875.

Die Bildung, Umwandlung und künstliche Darstellung der Minerale haben folgende Werke zum Gegenstande:

G. Bischof. Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Aufl. Bonn 1863—1866.
Volger. Studien zur Entwicklungsgeschichte der Mineralien. Zürich 1854.
Blum. Die Pseudomorphosen des Mineralreiches. Stuttgart 1843 und die Nachträge 1847, 1852, 1863, 1879
Roth. Allgemeine chemische Geologie. Berlin 1879 (Wird fortgesetzt.)
Fuchs. Ueber die künstlich dargestellten Mineralien. Harlem 1872.
Daubrée. Synthetische Studien zur Experimentalgeologie. Deutsch von Gurlt. Braunschweig 1880.
Fonqné und Lévy. Synthèse des minéraux et des roches. Paris 1882

Das Zusammenvorkommen der Minerale behandeln ausser mehreren Lehrbüchern der Petrographie die Werke:

Breithaupt Die Paragenesis der Mineralien. Freiberg 1849.
v. Cotta. Die Lehre von den Erzlagerstätten. Freiberg 1859—1861.
v Groddeck Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig 1879.
Zirkel Lehrbuch der Petrographie. Bonn 1866.

Zusammenstellungen, Berichte etc. finden sich in:

Groth. Tabellarische Uebersicht der einfachen Mineralien, nach ihren krystallographisch-chemischen Beziehungen geordnet. Braunschweig 1874.
— Die Mineraliensammlung der Universität Strassburg. Strassburg 1878.

Hessenberg. Mineralogische Notizen. 11 Hefte. 1856—1873.
v. Kokscharow. Materialien zur Mineralogie Russlands. Bd. 1—8. (Wird fortgesetzt.)
Kenngott. Uebersicht der Resultate mineralogischer Forschungen. 13 Bde. 1844—1865
Jahresberichte der Chemie und verwandter Wissenschaften seit 1849. (Wird fortgesetzt.)

Zeitschriften, welche häufig oder vorzugsweise mineralogische Abhandlungen enthalten, sind:

Annalen der Physik und Chemie, herausg. v. Poggendorff. Leipzig von 1824—1877, seither von Wiedemann.
Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Petrefactenkunde, von Leonhard u. Geinitz. Stuttgart seit 1833. Seit 1879 von Benecke, Klein u. Rosenbusch.
Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin seit 1849.
Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der k. k. Akademie der Wissenschaften. Wien seit 1848.
Mineralogische Mittheilungen, gesammelt von G. Tschermak. Wien 1871—1877. Neue Serie als Mineralog. und petrographische Mittheilungen seit 1878.
Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie, herausg. von P. Groth. Leipzig seit 1877.
Bulletin de la société minéralogique de France. Paris seit 1878.

Ueber Geschichte der Mineralogie handeln:

Whewell. Geschichte der inductiven Wissenschaften. Deutsch v. J. Littrow. Stuttgart 1839.
Marx. Geschichte der Krystallkunde. Karlsruhe und Baden 1825.
Lenz. Mineralogie der alten Griechen und Römer. Gotha 1861.
v. Kobell. Geschichte der Mineralogie von 1650—1860. München 1864.

Digitized by Google

Allgemeiner Theil.

I. Morphologie.

6. Krystallisirt und krystallinisch. Die meiston Minerale sind starr und bestehen aus einem oder aus mehreren Individuen. Diese sind gleichartige Körper, welche entweder durch denselben fortlaufenden regelmässigen Bildungsvorgang eine bestimmte eigenthümliche Form angenommen haben und Krystalle genannt werden, oder welche bei gleichem Wachsthum durch Behinderung zu einer zufälligen Form gelangt sind und krystallinische Individuen heissen. Die meisten Minerale sind also entweder krystallisirt, sie zeigen ausgebildete Krystalle, oder sie sind krystallinisch. Die oft vorkommenden Krystalle von Quarz, Calcit, Pyrit sind Beispiele frei ausgebildeter Individuen, der körnige Kalkstein, der faserige Gyps zeigen dagegen Individuen mit den zufälligen Formen von Körnern und Fasern, welche durch gegenseitige Behinderung zu solcher Gestalt gelangt sind. Der Unterschied zwischen einem Krystall und einem krystallinischen Individuum desselben Minerals ist demnach ein blos äusserlicher, der innere Bau ist aber bei beiden derselbe.

Die Gesteinsmassen, welche die Erdrinde zusammensetzen, sind grossentheils krystallinisch oder sie bestehen aus krystallinischen Fragmenten. Manche enthalten zahllose kleine oder auch grössere Krystalle, von welchen die ersteren häufiger sind, aber erst bei der mikroskopischen Betrachtung wahrgenommen werden. In Hohlräumen und in Spalten der Gesteine finden sich zuweilen deutliche und schöne Krystalle, welche an den Wänden haften. Solange man also mit freiem Auge in der Natur beobachtet, wird man seltener Krystalle, dagegen häufig krystallinische Minerale wahrnehmen.

7. Amorph. Es gibt auch einige starre Minerale, welche nicht individualisirt erscheinen, und welche nach allen ihren Eigenschaften keinen regelmässigen Bau erkennen lassen. Sie kommen darin mit den flüssigen Mineralen überein und werden wie diese als amorph oder gestaltlos bezeichnet. Ein

Digitized by Google

Beispiel eines starren amorphen Körpers ist der Opal, der flüssige Zustand wird vor allem durch das Wasser repräsentirt. Manche Minerale werden im zähflüssigen Zustande angetroffen, wie die im Bergtheer enthaltenen Körper, und aus derlei zähflüssigen Massen gehen oft allmälig harzartige hervor, andere Minerale zeigen sich ursprünglich als milchähnliche oder breiartige Massen, die beim Trocknen amorphe Körper liefern, wie z. B. der amorphe Magnesit; andere finden sich als schleimige oder gallertartige Massen, welche beim Eintrocknen zu amorphen Mineralen gestehen, wovon der Opal ein Beispiel. Derlei starre, amorphe Minerale, die aus einem gallertartigen Zustande hervorgegangen sind, werden nach Breithaupt porodine Körper genannt. Andere bilden sich durch Erstarrung aus einem heissen Schmelzfluss, wie das Glas, und werden hyaline Minerale genannt. Ein Beispiel ist der Obsidian.

8. Grösse der Individuen. Die Grösse der Individuen schwankt ungemein, und zwar oft bei demselben Mineral Ein Quarzindividuum, ob nun krystallisirt oder als Körnchen, kann von solcher Kleinheit gefunden werden, dass es nur bei starker Vergrösserung durch das Mikroskop wahrnehmbar wird. Anderseits gibt es Quarzkrystalle von Meterlänge und darüber. Feldspathindividuen sind gar häufig von mikroskopischer Kleinheit, doch kommen zuweilen solche von vielen Metern im Durchmesser vor. In der Grösse liegt sonach kein Merkmal, doch lässt sich im Allgemeinen sagen, dass nur bei den häufig vorkommenden Mineralen Individuen von bedeutenden Dimensionen vorkommen, und dass bei den übrigen erfahrungsmässig manche stets nur sehr kleine Krystalle oder überhaupt Individuen bilden

9. Krystall. Die Krystalle sind von ebenen Flächen begrenzte starre Körper, welche durch ein gleichartig fortdauerndes Wachsthum entstehen. Ihre äussere Form ist daher das unmittelbare Ergebnis des regelmässigen Baues, und beide stehen im nothwendigen Zusammenhange. An den fertigen Krystallen erkennt man diesen Zusammenhang am leichtesten durch die Spaltbarkeit, welche vielen Krystallen eigen ist. Diese haben die Eigenschaft, sich beim Spalten in bestimmten Richtungen nach ebenen Flächen zertheilen zu lassen, welche dieselbe Lage haben wie die Krystallflächen. Die äussere ebenflächige Begrenzung des Krystalls erscheint daher nur als eine Wiederholung des inneren Gefüges.

Krystalle kommen aber nicht blos im Bereiche der Minerale, sondern auch unter allen anderen Gebilden vor, welche nicht organisirt sind. Die Krystalle des Zuckers, des Weinsteins sind Beispiele dafür. Die Lehre von den Krystallen ist daher nicht blos der Mineralogie eigen, sondern sie bezieht sich auf alle krystallisirten Naturkörper, mögen diese in der Erdrinde vorkommen oder Producte der Laboratorien, der Industrie darbieten oder zufällig im Bereiche menschlicher Wirksamkeit oder auch in Organismen entstanden sein.

Der Inbegriff aller Kenntnisse von den Krystallen lässt sich als Krystallkunde bezeichnen, während man gewohnt ist, die Lehre von der Form dieser

Bildungen als Krystallographie zu bezeichnen und jenen Theil, welcher sich mit den Gesetzen der Krystallbildung beschäftigt, als Krystallonomie hervorzuheben. Die Krystallkunde würde ausser der Krystallographie auch die Lehre von den physikalischen Eigenschaften und deren Beziehungen zu der chemischen Zusammensetzung der Krystalle umfassen.

Die Krystalle zeigen auf den Flächen fast immer eine gröbere oder feinere Zeichnung, welche gleichfalls mit dem inneren Baue übereinstimmt und ein wesentliches Merkmal der Aechtheit der Flächen darbietet. Durch Spaltung erhält man aus Krystallen oder Individuen leicht ebenflächige Stücke, welche alle übrigen Eigenschaften der Krystalle mit Ausnahme der natürlichen d. i. ursprünglichen Begrenzung haben. So kann man aus den Individuen von Calcit oder von Steinsalz leicht Spaltungskörper erhalten, welche Krystallen derselben Minerale täuschend ähnlich sind. Der Geübte vermag aber an dem Charakter der Flächen solche Körper leicht von Krystallen zu unterscheiden. Noch leichter gelingt dies bei Nachahmungen von Krystallen, z. B. aus Glas, ebenso bei Mineralen, an welchen ebene Flächen künstlich angeschliffen wurden.

Oft beobachtet man wahre Krystallformen, welche aber nicht das unmittelbare Ergebnis des Wachsthums sind. Dieser Fall tritt ein, wenn der ursprünglich gebildete Krystall nachträglich eine Veränderung erfährt, welche entweder blos seinen inneren Bau umgestaltet oder welche zugleich seine Substanz betrifft. Derlei veränderte Körper, an welchen die Substanz oder der innere Bau oder beides nicht mehr im Einklang mit der äusseren Form stehen, werden P s e u d o m o r p h o s e n genannt und werden begreiflicher Weise nicht zu den Krystallen gerechnet.

10. Bildung der Krystalle. Die Krystalle bilden sich beim Uebergange der entsprechenden Substanzen aus einem beweglichen in den starren Zustand. Die beweglichen Zustände sind der gas- oder dampfförmige und der flüssige Zustand. Aus dem Wasserdampf entsteht bei der Abkühlung Schnee, welcher letztere aus kleinen Eiskrystallen zusammengesetzt ist. Geschmolzenes Wismut gibt beim Erstarren Wismutkrystalle. In den meisten Fällen bilden sich die Krystalle aus Lösungen, worin ein flüssiger Körper, das Lösungsmittel, einen oder mehrere andere Körper unter bestimmten Umständen in Lösung erhält. Jedes Lösungsmittel vermag bei einer bestimmten Temperatur blos eine bestimmte Menge einer Substanz in Lösung zu erhalten. Die Lösung heisst sodann bezüglich dieser Substanz gesättigt. Die meisten Lösungsmittel vermögen bei höherer Temperatur mehr von einem Körper aufzulösen als bei niederer Temperatur, die Krystallbildung erfolgt sodann bei der Abnahme der Temperatur. Eine Lösung von Salpeter in Wasser, welche bei 30° C. gesättigt ist, wird beim Abkühlen auf 20° Krystalle absetzen. Auch durch Verminderung des Lösungsmittels müssen sich Krystalle bilden. Eine gesättigte Lösung von Alaun in Wasser liefert beim Verdampfen des Wassers Alaunkrystalle. Oft entstehen Krystalle in Lösungen durch das Zusammentreffen von Stoffen, deren jeder für sich unter den gleichen Umständen keine Krystalle absetzt. Eine ungesättigte Lösung von Bittersalz,

Digitized by Google

welche mit einer ungesättigten Lösung von Chlorcalcium zusammentrifft, gibt Krystalle von Gyps. In diesem Falle ist aber eine chemische Veränderung die Ursache der Krystallbildung, indem ein neuer Körper entsteht, welchen die Flüssigkeit nicht in solcher Menge aufgelöst zu erhalten vermag. Durch die letzte Art der Bildung lassen sich viele Krystalle darstellen, welche sonst nur als Minerale in den Spalten und Hohlräumen zu finden sind, wie z. B. Krystalle von Baryt, von Weissbleierz.

Die Krystalle bilden sich in der Natur entweder schwebend, wenn sie während ihrer Entstehung von einem beweglichen Medium getragen werden, welches ihnen zugleich den Zufluss von Stoff beim Wachsen gestattet, oder sie bilden sich sitzend, wofern sie einerseits auf einer starren Unterlage ruhen, auf der anderen aber sich nach dem Raum hin ausbilden, welcher mit dem beweglichen Medium erfüllt ist.

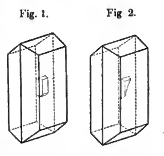
Beispiele schwebend gebildeter Krystalle sind der Schnee, welcher in der Luft krystallisirt, die Krystalle von Pyrit, welche sich im Thon bilden. Beim Fortwachsen kommen derlei Krystalle öfter zur gegenseitigen Berührung oder sie sinken zu Boden, woranf sie ihre frühere Ausbildung meistens wieder verlieren. Beispiele sitzend gebildeter Krystalle sind die Bergkrystalle nnd Adularkrystalle auf Spalten im Gneiss, die Calcitkrystalle auf Klüften im Kalkstein oder Sandstein. Die sitzenden Krystalle (aufgewachsenen Krystalle) sind also in den Spalträumen der Gesteine zu Hause, die schwebend gebildeten sind mitten im Stein eingeschlossen anzutreffen. Viele eruptive Gesteine, wie Basalt, Melaphyr, Trachyt, Porphyr, sind voll von schwebend gebildeten Krystallen. Die Krystalle dieser Art sind rundum ausgebildet und erscheinen als vollständige Krystalle mit allseitiger regelmässiger Begrenzung. Von solchen Krystallen soll im Folgenden zuerst die Rede sein. Die aufgewachsenen sind meistens nur nach einer Seite ausgebildet und man ist genöthigt, jene Seite, nach welcher das Wachsthum durch die starre Unterlage gehemmt war, in der Vorstellung zu ergänzen, um das Bild des vollständigen Krystalls zu erhalten.

Aufgewachsene Krystalle erhält man leicht, wofern eine Lösung in einer Schale dem Verdunsten ausgesetzt wird. Um schwebend gebildete zu erhalten, kann man die Lösung mit einem gelatinösen Körper wie Leim in solcher Menge versetzen, dass er die Krystalle schwebend erhält. Einzelne Krystalle werden sich natürlich rundum ausbilden, wenn man sie an einem Haar oder feinen Draht befestigt in die Lösung hängt. Man vermag nach erlangter Uebung auf solche Weise nngemein schöne und vollkommene Krystalle darzustellen und Krystallsammlungen anzulegen, welche oft dasjenige weit überholen, was uns die Natur bietet. Freilich gelingt dies nur bei jenen Körpern leicht, welche sich in grösseren Mengen in Wasser lösen, so dass man mit gesättigten wässerigen Lösungen operirt. Dagegen ist es bei vielen anderen Substanzen, die als Minerale vorkommen, ungemein schwierig, sie als Krystalle künstlich zu erhalten, in vielen Fällen ist es überhaupt nicht geglückt. Wir sehen hier einen ähnlichen Fall wie bei dem Gärtner, welcher im Freien blos eine bestimmte Zahl von Gewächsen zu ziehen vermag, deren Fortkommen das Klima gestattet, und

Digitized by Google

welcher auch im geschützten Raume wieder nur eine beschränkte Zahl zur Entwicklung zn bringen im Stande ist Innerhalb dieser Grenzen aber bringt er oft Erscheinungen hervor, welche über das durch die freie Natur gebotene hinausgehen.

11. Das Wachsen. Die Krystalle sind häufig schon im ersten Augenblicke, da wir sie wahrnehmen, so beschaffen wie später, da sie an Umfang schon bedeutend zugenommen haben. Das Wachsen besteht hier blos in einer gleichförmigen Anlagerung des Stoffes, welcher ans dem beweglichen Znstande in den starren übergeht. Diese Gleichförmigkeit ist ein Aufbau ganz gleichartiger Schichten, denn der grosse Krystall hat seine Flächen parallel jenen, welche der kleine junge Krystall zeigte, und hat ebenso scharfe Kanten nnd Ecken wie dieser, Fig. 1. Man darf sich aber nicht vorstellen, dass zwischen der ersten Anlage des Krystalls und den später gebildeten Schichten ein wesentlicher Unterschied bestehe, man darf nicht glauben, dass nur der Keim, nur das zuerst gebildete Krystallkörperchen, welches noch so klein ist, dass wir es auch durch das Mikroskop nicht wahrzunehmen vermögen, die Eigenschaft besitze, die Form zu erregen, und dass die ferneren Schichten wie gewöhnliche Ueberzüge blos die einmal gebildete Form wiederholen. Nimmt man aus der oberen Schichte eines grossen Krystalls ein Theilchen heraus und lässt dasselbe wachsen, so wächst es zu einem vollständigen Krystall heran und jener Splitter liegt darin ebenso orientirt, wie er im alten Krystall orientirt war, Fig. 2.

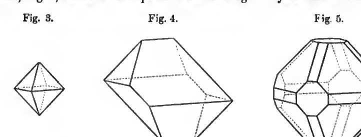

Fig. 1. Fig 2.

Demnach hat jedes Theilchen des Krystalls die Eigenschaft, andere Theilchen anzuziehen nnd in regelmässiger Weise anzulagern. Jedes Theilchen oder Partikelchen ist ebenso formbildend wie das andere, alle Theilchen eines Krystalls sind in Bezug auf Formbildung gleich. Sie müssen also, wofern ihnen schon für sich eine Form zukommt, alle die gleiche Form haben. Sie müssen aber auch gleiche Grösse besitzen, denn wären sie au Grösse ungleich, so könnten sie nicht Schichten von gleichförmiger Dicke bilden. Ansserdem aber müssen sie im Krystall alle einander parallel angeordnet sein, sonst könnte ein Fragment eines Krystalls beim Fortwachsen blos eine znfällige Gestalt erlangen, nicht aber die Form des ursprünglichen Krystalls wieder herstellen.

Beim Wachsen ereignen sich oft Umgestaltungen der früheren Krystallform. Die erste Art der Veränderung beruht darauf, dass die Krystalle auf einer Fläche die Schichten rascher auflagern als auf einer anderen. Lässt man Alaunkrystalle von der Form in Fig. 3 fortwachsen, so ereignet es sich öfter, dass dieselbe später die Gestalt in Fig. 4 darbietet. An diesen grösseren Krystallen erscheinen demnach die Flächen in gleicher Lage und Anzahl wieder, aber sie sind durch den Ansatz der Schichten parallel zu ihrer früheren Lage nach aussen verschoben, und zwar im ungleichen Maasse.

Eine zweite Art der Veränderung, die beim Wachsen öfter eintritt, besteht darin, dass entweder Flächen auftreten, die früher in dieser Lage nicht vorhanden waren, oder dass umgekehrt früher vorhandene Flächen allmälig verschwinden. Dadurch geschehen öfters Formveränderungen, die zu einer ganz neuen Gestalt führen. So bemerkt man unter Umständen an Alaunkrystallen, welche die Form eines regelmässigen Oktaëders haben, wie in Fig. 3, beim Fortwachsen die allmälige Abstumpfung der Ecken und Kanten durch neue Flächen, Fig. 5.

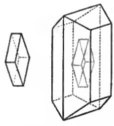
Barytkrystalle haben öfters in der ersten Zeit die Form von rhombischen Tafeln, Fig. 6, wachsen aber später zu säulenartigen Krystallen aus. An grösseren


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Barytkrystallen sieht man zuweilen die Form des ersteren Krystalls im Innern ganz deutlich, Fig. 7. Zwei Flächen des kleinen Krystalls zeigen sich in paralleler Wiederholung an dem grösser gewordenen Krystall, im übrigen aber sind neue Flächen hinzugekommen.

Wenn beim Wachsen der Krystalle nene Flächen auftreten, so geschieht dieses, von zufälligen Unregelmässigkeiten abgesehen, immer in der Weise, dass die ursprünglich vorhandenen Kanten oder Ecken, welche ihrer Lage und Beschaffenheit nach einander gleich sind, durch die hinzukommenden Flächen auch in gleicher Weise verändert werden, ferner wird beim Verschwinden der Flächen stets die Regel befolgt, dass von den früher vorhandenen Flächen diejenigen, welche unter einander gleich sind, auch zugleich verschwinden. Diese Erscheinung wird die Erhaltung der Symmetrie genannt. An dem Alaunkrystall, Fig. 3, haben sich beim Fortwachsen an der Stelle aller 6 Ecken, welche gleich sind, 6 Flächen in gleicher Lage gebildet, ebenso sind an Stelle der 12 Kanten, die unter einander gleich waren, 12 neue unter einandor gleiche Flächen getreten, Fig. 5. Der Barytkrystall in Fig. 6 hat beim Wachsen seine Form dadurch verändert, dass die vier schmalen Flächen, welche unter einander gleich waren, verschwanden, während neue Flächen auftraten, welche gegen die gleichen Ecken anch gleich gelagert sind, Fig. 7.


Fig. 6. Fig. 7.



Man erkennt also durch die Betrachtung der Wachsthumserscheinnngen, dass bei dem Wachsen der Krystalle theils eine parallele Verschiebung der Flächen gegen aussen, theils eine Vermehrung oder Verminderung der Flächen-

Digitized by Google

zahl, aber unter Beibehaltung der Symmetrie, eintritt, und man wird ausserdem zu dem Schlusse geführt, dass die Lage der früheren und der neuen Flächen einen gesetzmässigen Zusammenhang darbietet.

Lit. Frankenheim, Pogg. Ann. Bd. 111, pag. 1. C. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanstalt 1877, p. 45, 57, 75, 90, 162, 269. 1878, p. 185, 315. 1880, p. 20, 181. Scacchi, Pogg. Ann. Bd. 109 p. 365. Knop, Mol. const. n. Wachsthum d. Kryst. 1867.

12. Constanz der Winkel. Die Wahrnehmungen bei der Bildung und dem Wachsen der Krystalle zeigen, dass die einmal gebildeten Flächen bei der Vergrösserung zwar verschiedene Gestalt annehmen können, dass aber ihre gegenseitige Lage dieselbe bleibt. Demgemäss sind auch die Krystalle desselben Minerales oft verschieden gestaltet, aber es gelingt sehr häufig an den Formen,

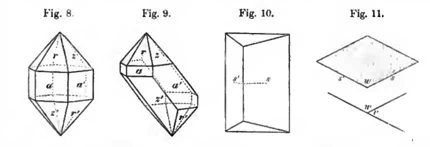


Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.

welche im ersten Augenblicke sehr ungleich aussehen, Flächen und Kanten zu finden, welche die gleiche Lage haben. In den Figuren 8 und 9 sind die Flächen gleicher Lage mit denselben Buchstaben bezeichnet.

Die gegenseitige Lage zweier Flächen, welche in einer Kante zusammentreffen, bestimmt sich dadurch, dass in einem Punkte der Kante zwei Senkrechte s und s' errichtet werden, deren jede in einer der Flächen liegt, Fig. 10. Diese beiden Linien bilden gegen das Innere des Krystalls den Winkel w. Durch Verlängerung einer der beiden Linien ergibt sich der Aussenwinkel v. Dieser zum Vorigen addirt gibt 180°, die beiden Winkel v und w sind supplementär. Der Aussenwinkel v ist für die Abweichung zweier Flächen charakteristisch, da er klein ist, wenn die beiden Flächen am Krystall wenig abweichen, also die Kante stumpf ist und da er Null wird, wofern beide Flächen in dieselbe Ebene fallen.

An den Krystallen desselben Minerales geben die gleichliegenden Flächen immer denselben Winkel. So ist an allen Quarzkrystallen der Flächenwinkel $r:z = 46° 16'$ und $r:a = 38° 13'$. Inwiefern kleine Abweichungen von solcher Constanz stattfinden können, wird sich im Späteren ergeben.

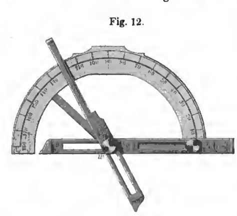
Die Lehre von der Beständigkeit der Flächenwinkel, von welcher hier die Rede ist, wurde, wie schon erwähnt, bereits von Steno aus Beobachtungen über das Wachsen von Krystallen verschiedener Salze und durch die Wahrnehmungen am Bergkrystall (Quarz) abgeleitet.

Digitized by Google

Krystallformen, deren Flächen so entwickelt sind, dass sie ungefähr gleichweit von dem Mittelpunkte des Krystalls abstehen, heissen ebenmässig ausgebildete, diejenigen aber, deren Flächen von dem Mittelpunkte sehr ungleich entfernt sind, heissen verzogene oder verzerrte Formen. Fig. 8 stellt eine ebenmässig ausgebildete, Fig. 9 eine verzerrte Form des Quarzes dar. Um die Gesetzmässigkeit der Gestaltung auch bei verzerrten Formen leichter zu erkennen, denkt man sich die Flächen, bei denen dies erforderlich, parallel zu ihrer ursprünglichen Lage verschoben, bis die Forderung der Ebenmässigkeit erfüllt ist. Die in der Natur vorkommenden Krystallformen werden in solcher Weise idealisirt. Bei dem Unterricht geht man immer von derlei idealen Formen aus. Die Zeichnungen, welche Krystalle darstellen, sowie die Krystallmodelle stellen daher in der Regel idealisirte Formen dar.

13. Krystallmessung. Die Neigung zweier Krystallflächen gegen einander wird durch Anwendung von Instrumenten bestimmt, welche Goniometer genannt werden. Für beiläufige Messungen an grossen Krystallen dient das Anlege-Goniometer oder Contact-Goniometer, auch Hand-Goniometer genannt, Fig. 12, welches aus zwei scheerenartig in einem Punkte verbundenen Linealen oder Schienen, ferner aus einem getheilten Halbkreis besteht. Bei der Anwendung hat man darauf zu achten, dass die Ebene der Schienen auf der Kante senkrecht stehen müsse. Der Halbkreis ist entweder von den Schienen getrennt oder mit denselben fest verbunden. Die Genauigkeit, welche bei solchen Messungen erreicht werden kann, geht nicht über einen halben Grad.

Fig. 12.



Genauere Messungen erlauben die Reflexions-Goniometer, deren einfachste Form zuerst 1809 von Wollaston angegeben wurde. Bei Anwendung derselben

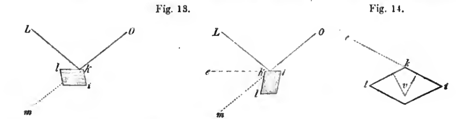


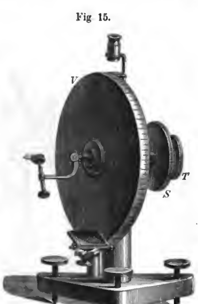
Fig. 13. Fig. 14.

wird die Spiegelung der Krystallflächen benützt, indem zuerst auf der einen, dann auf der anderen Fläche dieselbe Reflexion eingeleitet und nachher die

hiezu nöthig gewesene Drehung des Krystalls an einem getheilten Vollkreis abgelesen wird. Wenn der Krystall zuerst mit der einen Fläche *kl* spiegelt, so wird der von *L* kommende Lichtstrahl von dieser Fläche nach dem Auge *O* reflectirt. Wird hierauf der Krystall um die Kante *k* so weit gedreht, bis der Lichtstrahl von der Fläche *ik* reflectirt wird und denselben Weg nach *O* nimmt, wie vorher, so ist der Krystall nm den Winkel *ekl* gedreht worden, und dieser Winkel wird an dem Instrnmente abgelesen.

Während nun *ikl* der innere Winkel ist, wie er allenfalls durch das Hand-Goniometer bestimmt würde, ist der hier gemessene Winkel *ekl* der äussere Winkel. Mittels des Reflexions-Goniometers erhält man demnach immer den Anssenwinkel.

Fig 15.



Wenn man von dem Inneren des Krystalles her senkrechte Linien auf die beiden Flächen *lk* und *ik* fällt, so schliessen diese beiden Linien einen Winkel *v* ein, welcher dem Winkel *ekl* gleich ist, Fig. 14. Der durch Reflexion erhaltene Winkel ist daher zugleich der Normalenwinkel der gemessenen Kante.

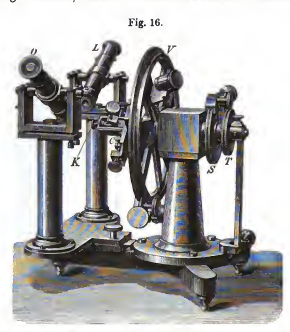
Damit der Lichtstrahl beide Male denselben Weg nehme, wird nicht nur der gespiegelte Gegenstand oder die gespiegelte Lichtflamme *L* unverändert bleiben, sondern auch das Auge bei *O* am selben Orte verharren müssen. Um letzteres zu erreichen, wird man von vornherein in der Richtung des reflectirten Strahles bei *m* eine Marke anbringen, so dass das Auge bei der ersten nnd bei der zweiten Beobachtung sowohl die Marke *m* als auch den reflectirten Strahl in derselben Richtung sieht, also beide Bilder sich deckend erblickt. Anstatt der Lichtflamme kann man auch einen passenden Gegenstand zur Reflexion benutzen. Anstatt also im Dnnkeln zu arbeiten, kann man auch im vollen Tageslichte messen. In jedem Falle mnss darauf geachtet werden, dass die Entfernung des benutzten Objectes nicht zu gering sei, weil sonst die Richtung des auf die Krystallfläche einfallenden Strahles bei der ersten und zweiten Beobachtung nicht die gleiche ist, woraus ein merklicher Fehler entsteht. Hat der Krystall sehr glatte Flächen, so kann man ein fernes Object, wie z. B. eine Thurmspitze als Signal verwenden, bei minder guten Flächen begnügt man sich damit, auf die Grenzen der Fensterbalken etc. einzustellen.

An dem Wollaston'schen Goniometer, Fig. 15, hat man eine sehr einfache mit freier Hand stellbare Vorrichtung, um den daran geklebten Krystall so zu drehen und zn verschieben, dass die zu messende Kante möglichst genau in die

Verlängerung der Drehungsaxe des Instrumentes fällt. Häufig dient ein kleiner Spiegel mit eingerissenen Linien als Marke und zugleich als Visur, um die Einstellung des Krystalles zu erleichtern. In den gegenwärtig gebrauchten verbesserten Instrumenten geht das einfallende Licht durch ein Fernrohr (Einlass-F.), in welchem ein Fadenkreuz oder Spalt angebracht ist, und auch das reflectirte Licht bewegt sich durch ein mit Fadenkreuz versehenes Fernrohr (Ocularfernrohr), so dass diese Fernröhre den Gang des Lichtes vorschreiben, also die Marke wegfällt. Instrumente mit Fernröhren wurden zuerst von Mitscherlich und von Babinet angegeben.

An diesen ist der Vollkreis oder Limbus *V* etwas grösser und mit einer feinen Theilung versehen, ferner mit einer Handhabe *S* verbunden, mittels

Fig. 16.



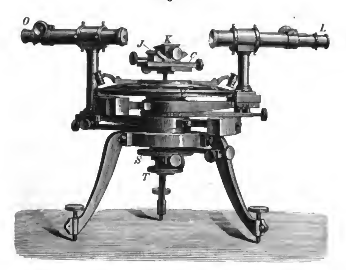
welcher er gedreht werden kann. Bei der Drehung nimmt er auch die durch ihn gesteckte Axe mit, so dass sich die Axe mit ihm gleichzeitig dreht. Letztere ist aber auch mittels der Handhabe oder Scheibe *T* für sich und unabhängig vom Limbus drehbar.

Wie schon aus Fig. 13 ersichtlich ist, muss die Ebene, in welcher sich der einfallende und reflectirte Lichtstrahl bewegt, dem Limbus parallel sein, demnach ist die durch die Fernröhre *L* und *O* gedachte Ebene parallel mit der Limbusebene. Die zu messende Kante des Krystalls muss zur Limbusebene senkrecht sein. Dies zu erreichen, benutzt man den Apparat bei *J*, welcher dazu dient, den bei *K* aufgeklebten Krystall zu justiren. Die Kante muss ferner in der Verlängerung der Axe liegen. Die hiezu nöthige Schiebung erlaubt der Schlitten-Apparat bei *C*, welcher dazu dient, den Krystall zu centriren.

Digitized by Google

Gegenwärtig sind zweierlei Reflexions-Goniometer im Gebrauche, nämlich solche mit verticalem Limbus, wie in Fig. 16, und solche mit horizontalem Limbus, Fig. 17. Die Genauigkeit, welche bei der Messung erreicht werden kann, geht bis in die Secunden, wofern das Instrument vorher sorgfältig geprüft worden. Die Reflexion der Krystallflächen ist aber selten eine so vollkommene, dass die Erreichung jener Grenze möglich wäre, und man begnügt sich daher gerne mit einer Genauigkeit, die bis auf eine Minute geht. Zur Messung nimmt man kleine Krystalle, weil diese im Allgemeinen glattere Flächen haben, als die grossen, und leichter zu behandeln sind. Die Messungen werden wiederholt und wird das arithmetische Mittel mehrerer gleich sorgfältiger Messungen als Endresultat benutzt. Um die Theorie des Instrumentes vollständiger kennen zu lernen, hat man

Fig. 17.



in den Lehrbüchern der Krystallographie und in den anfangs citirten Werken von Kupffer und Naumann nachzusehen.

Anstatt die Flächenwinkel zu messen, kann man auch die ebenen Winkel der Kanten bestimmen. Dies wird bei Krystallen, welche blos unter dem Mikroskope wahrgenommen werden, besonders zu empfehlen sein, obgleich die erhaltenen Resultate immer nur einen geringeren Grad von Genauigkeit haben können [1]). Auch aus der Länge der Kanten lässt sich die Neigung der Flächen ableiten, doch ist nur selten hievon Gebrauch gemacht worden.

14. Flächenlage. Die Flächen der Krystalle treffen in Kanten und Ecken zusammen, die Kanten sind zweiflächig, die Ecken können drei- oder mehrflächig sein. An einem vollständig ausgebildeten Krystall steht die Anzahl der

[1]) Frankenheim, Pogg. Ann. Bd. 37, p. 637. Schmidt. Krystallonomische Untersuchungen 1846. Pfaff, Pogg. Ann. Bd. 102, p. 457.

Flächen F, der Ecken E und der Kanten K in einem Zusammenhange, welcher aus der Stereometrie bekannt ist und durch die Gleichung $F + E = K + 2$ ausgedrückt wird.

Der Inbegriff jener Flächen einer Krystallform, welche parallele Kanten bilden, heisst eine Z o n e. Die Flächen derselben Zone sind alle einer Linie parallel, welche innerhalb des Krystalls gedacht wird und Zonenaxe heisst. Da zwei Flächen, welche sich schneiden, die Lage einer Kante angeben, so ist eine Zone ihrer Lage nach bestimmt, sobald zwei Flächen derselben angegeben werden, die nicht parallel sind.

In Fig. 18 bilden die Flächen *a*, *a*, *a* eine Zone, ferner die Flächen *a*, *p*, *c* eine andere Zone. Man sagt, *p* liegt in der Zone *a c* oder *a* liege in der Zone *p c* oder *c* liege in der Zone *a p*.

Eine wichtige Eigenschaft, wodurch sich die Krystalle vor allem aus der Reihe der beliebig gedachten stereometrischen Körper hervorheben, ist der

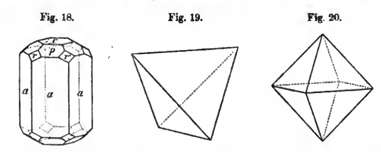


Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20.

Flächenparallelismus. An der Mehrzahl der Krystallformen beobachtet man das Auftreten paralleler Flächen, indem zu jeder Fläche auf der entgegengesetzten Seite des Krystalles eine zur vorigen parallele Fläche vorhanden ist. Fläche und Gegenfläche bilden ein Flächenpaar. Demnach bestehen die meisten Krystallformen aus Flächenpaaren. Fig. 18 und alle bisher angeführten Krystallfiguren sind Beispiele dafür.

Es gibt auch Krystallformen mit unpaaren Flächen, wie jene in Fig. 19. aber auch diese stehen mit den parallelflächigen im Zusammenhange. Denkt man sich an einer solchen Form zu jeder vorhandenen Fläche auf der entgegengesetzten Seite eine parallele, so entsteht eine neue Form, welche nicht nur möglich ist, sondern in der Natur wirklich vorkommt. Denkt man sich an der Form in Fig. 19 die parallelen Flächen hinzu, so erhält man die Form in Fig. 20, welche in der Natur häufiger ist als die vorige.

An den ebenmässigen Krystallformen beobachtet man Flächen, die untereinander g l e i c h sind, d. h. gleiche Gestalt und gleiche Grösse haben. An den parallelflächigen Formen sind Fläche und Gegenfläche stets einander gleich. Oft kommt es vor, dass zwei oder mehrere Flächen für die beiläufige Beobachtung völlig gleich erscheinen, und dass ihre Unterschiede sich erst bei genauer Prüfung ergeben. Man begnügt sich daher in zweifelhaften Fällen nicht mit der Betrachtung der Gestalt der Flächen, sondern erforscht ihre Neigung durch genaue

Bestimmung der Winkel, und geht in dem Falle, als dies nicht ausreicht, zur physikalischen Untersuchung der Flächen über.

Krystallformen, welche blos aus gleichen Flächen bestehen, werden einfache Formen genannt, jene aber, die ungleiche Flächen darbieten, heissen Combinationen. Fig. 19 und 20 sind einfache Formen, Fig. 8 und 18 Combinationen.

15. Symmetrie. Die Formen der Krystalle sind entweder unsymmetrische, oder sie gehorchen den Regeln der Symmetrie, indem sie einen der denkbaren Grade von Symmetrie darbieten.

Unter Symmetrie versteht man die Gleichheit der Lage zu beiden Seiten einer Ebene, welche Symmetrieebene und bei den Krystallen auch Hauptschnitt genannt wird. Der Hauptschnitt theilt den symmetrischen Körper in zwei

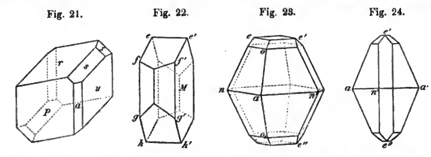


Fig. 21. Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24.

gleiche Theile, welche sich zu einander verhalten, wie der Gegenstand zum Spiegelbilde, den Hauptschnitt als Spiegel gedacht. Da es bei einem Krystall nicht auf die Entfernung der Flächen von seinem Mittelpunkte, sondern blos auf die gegenseitige Lage der Flächen ankommt, so beruht die Symmetrie des Krystalles nicht auf der gleichen Entfernung der Flächen vom Hauptschnitte, sondern sie beruht auf der Gleichheit der Lage der Flächen gegen die Symmetrieebene. Zu beiden Seiten der letzteren sind also die Kanten und Ecken von gleicher Grösse, die Flächen von gleicher Lage und alle Stücke von gleicher Reihenfolge.

1. Es gibt demnach Krystalle, an denen die Erscheinung der Symmetrie nicht beobachtet wird, und der Flächenparallelismus die einzige sichtbare Regelmässigkeit ist, sie sind unsymmetrisch. Fig. 21 Axinit.

2. Andere zeigen den ersten Grad der Symmetrie, indem sie eine einzige Symmetrieebene erkennen lassen. Der Ortkoklaskrystall in Fig. 22 ist ein Beispiel dafür, denn man kann parallel zu der Fläche *M* eine Ebene hineingelegt denken, welche die Eigenschaften eines Hauptschnittes hat. Wird diese Ebene gegen den Beobachter zugewendet, so entspricht von oben herab gezählt dem Eck *e* zur Linken ein ganz gleiches Eck *e'* zur Rechten, ferner dem Eck *f* das gleiche *f'*, der Kante *fg* die gleiche *f' g'* u. s. w.

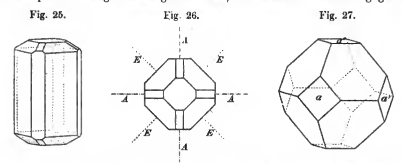
3. Andere Krystalle sind so gebaut, dass man in dieselben drei Hauptschnitte gelegt denken kann, welche auf einander senkrecht stehen. Der Schwefelkrystall in Fig. 23 gestattet durch die Punkte *nan'* eine horizontale Ebene zu

Digitized by Google

legen, welche ein Hauptschnitt ist, ferner durch $o\,a\,o'$ eine zweite Symmetrieebene. Wenn man schliesslich den Krystall wendet, bis er die Ansicht in Fig. 24 gibt, so erkennt man, dass noch eine dritte Symmetrieebene gelegt werden kann, welche durch die Punkte $e\,e'\,e''$ geht.

4. Eine fernere Abtheilung von Krystallen lässt fünf Symmetrieebenen erkennen, von welchen vier auf einer fünften senkrecht sind. Der Vesuviankrystall, Fig. 25, verhält sich zuvörderst wie der früher betrachtete Schwefelkrystall. Ein Hauptschnitt liegt beiläufig horizontal, ein zweiter richtet sich gegen den

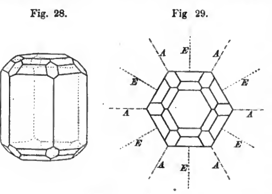
Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27.



Beobachter und ein dritter liegt quer vor demselben. Wenn man aber den Krystall von oben betrachtet, so erhält man ein Bild, wie in Fig. 26, worin der früher horizontal gewesene Hauptschnitt in die Ebene des Papiers zu liegen kommt. Nun wird man wahrnehmen, dass ausser den beiden früher genannten Hauptschnitten, welche in der Figur zu den Linien $A\,A$ verkürzt erscheinen, noch zwei andere EE durch den Krystall gelegt werden können, welche die von den vorigen gebildeten rechten Winkel halbiren.

5. Einen noch höheren Grad der Symmetrie beobachtet man an den regulären Krystallen, welche neun Symmetrieebenen aufweisen, und für welche der Bleiglanzkrystall in Fig. 27 als Beispiel dienen soll. Zuerst findet man leicht 3 gleiche Hauptschnitte, welche dieselbe Lage haben, wie jene im Schwefelkrystall, und welche auf einander senkrecht sind. Die anderen Hauptschnitte sind von derselben Art, wie die beim Vesuvian mit E bezeichneten, indem sie die Winkel der vorigen halbiren. Da

Fig. 28. Fig 29.



sich durch jede der drei Flächen $a\,a'\,a''$ je zwei solcher Hauptschnitte legen lassen, so hat man sechs Hauptschnitte dieser zweiten Art.

6. Schliesslich kommen noch jene Krystalle in Betracht, welche sieben Symmetrieebenen darbieten. Der Beryllkrystall in Fig. 28 lässt zuvörderst einen

horizontalen Hauptschnitt erkennen, hierauf aber, wenn man ihn von oben betrachtet, Fig. 29, noch sechs andere, indem drei so gelegt werden können, dass sie den Seiten des Bildes parallel sind: *AA* u. s. w. und drei andere senkrecht gegen die Seiten, und zugleich den Winkel der vorigen Hauptschnitte halbirend: *EE* u. s. w.

Somit lassen sich die bis jetzt betrachteten Krystalle nach ihrer Symmetrie in bestimmte Abtheilungen bringen, welche Krystallsysteme genannt werden. Es sind folgende sechs:

a) Keine Symmetrieebene: Triklines System. Beispiele: Albit, Oligoklas, Kupfervitriol.

b) Eine S.: Monoklines System. Beispiele: Augit, Gyps, Orthoklas.

c) Drei S. $= 1 + 1 + 1$ d. h. drei ungleiche Symmetrieebenen, die auf einander senkrecht sind. Rhombisches System. Beispiele: Aragonit, Baryt, Kalisalpeter, Schwefel.

d) Fünf S. $= I + 2 + 2$ d. h. dreierlei Symmetrieebenen. Eine einzelne, die Hauptebene, auf dieser senkrecht zwei andere, die sich unter 90° schneiden, und wieder zwei andere, welche die vorigen unter 45° schneiden. Tetragonales System. Beispiele: Anatas, Zinnstein, Vesuvian.

e) Sieben S. $= I + 3 + 3$ d. h. dreierlei Symmetrieebenen. Eine einzelne, die Hauptebene, auf dieser senkrecht drei andere, die sich unter 60° schneiden, und wieder drei andere, welche die Winkel der vorigen halbiren. Hexagonales System. Beispiele: Beryll, Schnee.

f) Nenn S. $= III + 6$ d. h. zweierlei Symmetrieebenen. Drei gleiche, die auf einander senkrecht sind und sechs andere, welche die Winkel der vorigen halbiren. Tesserales System. Beispiele: Bleiglanz, Gold, Steinsalz.

Diese sechs Systeme können aber nach den Hauptmerkmalen ihrer symmetrischen Bildung in drei Hauptabtheilungen gebracht werden.

A) Krystalle von einfacherem Baue, welche keine unter einander gleichen Symmetrieebenen aufweisen: Trikline, Monokline, Rhombische.

B) Krystalle von wirteligem Baue, deren gleiche Symmetrieebenen sich alle in einer Linie (Hauptaxe) schneiden: Tetragonale, Hexagonale.

C) Krystalle von regulärem Baue: Tesserale.

16. Bei der Betrachtung der Krystalle ist öfters auch auf die Symmetrie der einzelnen Flächen Rücksicht zu nehmen, welche auf der gleichen Lage der Kanten zu beiden Seiten einer Linie beruht. Dieselbe ist aber nicht blos nach der Figur der Fläche zu beurtheilen, sondern es ist darauf zu achten, dass die Symmetrie jeder Fläche von der Lage derselben gegen die Hauptschnitte des Krystalls abhängt. Es ist leicht zu erkennen, dass eine Fläche, welche gegen keine Symmetrieebene des Krystalles senkrecht liegt, asymmetrisch (unsymmetrisch) sein muss, während eine Fläche, die gegen einen Hauptschnitt senkrecht ist, einen monosymmetrischen (einfach-symmetrischen) Charakter besitzt und im ferneren jede Krystallfläche einen desto höheren Grad von Symmetrie zeigt, von je mehr Hauptschnitten dieselbe senkrecht getroffen wird.

1. Die triklinen Krystalle sind demnach durchaus von asymmetrischen Flächen eingeschlossen. Die Krystallflächen sind Rhomboide, ungleichseitige Dreiecke u. s. w. Auch wenn zufällig eine Fläche als Rhombus erscheint, so zeigt sich die Ungleichheit der gegenüberliegenden Seiten darin, dass an der einen ein grösserer, an der anderen ein kleinerer Flächenwinkel liegt. Asymmetrische Flächen kommen aber auch in allen übrigen Krystallsystemen vor.

2. In dem monoklinen Systeme kommen schon Flächen vor, welche von einem einzigen Hauptschnitte senkrecht getroffen werden, folglich monosymmetrisch sind. In Fig. 22 sind es die Flächen $ee'f'f$, ferner $gg'h'h$ und die dazu parallelen auf der Rückseite.

3. In dem rhombischen Systeme treten ausser den asymmetrischen und monosymmetrischen Flächen auch disymmetrische auf. Bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalles sind es Rhomben, deren Seiten sämmtlich an gleichen Kanten liegen, wie an dem Krystall in Fig. 23 die oberste und die unterste Fläche — oder sie sind Rechtecke, deren parallele Seiten an gleichen Kanten liegen, wie an dem Krystall in Fig. 7 die Fläche, welche dem inneren Rhombus parallel ist u. s. w.

4. Im tetragonalen Systeme kommen ausser den bisher genannten auch tetrasymmetrische vor. Das Achteck in Fig. 26 ist ein Beispiel dafür.

5. Die Krystalle des tesseralen Systemes haben ausser den Flächen, die bis jetzt genannt wurden, auch trisymmetrische, wie z. B. die Sechsecke der Fig. 27, die Dreiecke der Fig. 20.

6. Das hexagonale Krystallsystem umfasst Krystalle mit asymmetrischen, mit mono-, di- und trisymmetrischen Flächen, endlich aber auch mit hexasymmetrischen Flächen, wie z. B. das mittlere Sechseck in Fig. 29.

17. Hemiëdrie. Die Mehrzahl der Krystallsysteme zerfällt in zwei oder mehrere Abtheilungen, indem die einen der dahin gehörigen Krystalle dem Symmetriegesetze vollkommen entsprechen, während die anderen bei übrigens gleichem Baue regelmässige Abweichungen von jenem Gesetze zeigen. Weil demgemäss öfter Formen vorkommen, welche in Bezug auf andere blos die Hälfte der Flächen darbieten, so wird die Erscheinung als Hemiëdrie bezeichnet, und es werden die entsprechenden Krystallformen hemiëdrische genannt im Gegensatze zu den holoëdrischen, welche vollkommen symmetrisch ausgebildet sind.

Die Gesetzmässigkeit, welche die Hemiëdrie heherrscht, lässt sich dahin aussprechen, dass bei den hemiëdrischen Krystallen die Räume zwischen den Hauptschnitten — die Krystallräume — blos abwechselnd gleich sind. Die Vertheilung der gleichen Räume ist aber wiederum regelmässig, so dass also kein Hauptschnitt einseitig wird, und dass die gleichen Hauptschnitte in gleicher Art betroffen werden.

Ein Beispiel geben die beistehenden Figuren 30, 31, 32, von denen die erste eine holoëdrische, die beiden folgenden aber hemiëdrische Formen darstellen.

Digitized by Google

Die erste Form wird von drei gleichen Symmetrieebenen, Fig. 33, beherrscht, welche den Raum in acht gleiche Theile (Octanten) theilen. Die zweite Form zeigt ebenso wie die dritte, dass hier die Octanten nicht alle gleich, sondern blos abwechselnd gleich ausgebildet sind. An der letzten Form bemerkt man, dass die den abwechselnden Octanten entsprechenden Flächen ganz fehlen. Denkt man sich die bei der Hemiëdrie gleichen Octanten mit derselben Farbe geziert, die anderen Octanten farblos, so erkennt man, dass bei der Hemiëdrie alle drei Symmetrieebenen gleich behandelt worden sind. Wollte man aber den rechten oberen Octanten mit dem rechten unteren gleich annehmen, ferner den linken oberen

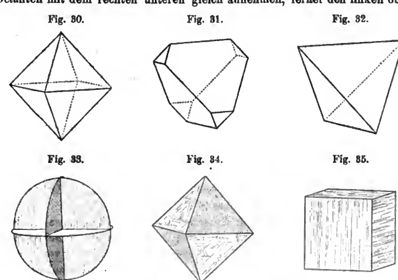


Fig. 30. Fig. 31. Fig. 32.

Fig. 33. Fig. 34. Fig. 35.

mit dem linken unteren gleich, aber von den vorigen verschieden u. s. f., und wollte man jetzt die gleichen Räume gleichfarbig anlegen, so ergäbe sich, dass die drei gleichen Symmetrieebenen ungleich behandelt worden seien.

Der Ausdruck Hemiëdrie erzeugt in dem Anfänger die irrige Vorstellung, dass jede hemiëdrische Form halb so viele Flächen zeige, als eine entsprechende holoëdrische Form, während dieses nur bei einer Anzahl hemiëdrischer Formen zutrifft. Das Tetraëder, Fig. 32, zeigt halb so viele Flächen als das Oktaëder, Fig. 30, und doch kann letzteres auch eine hemiëdrische Form sein, wie dies der Krystall von Blende in Fig. 34 zeigt, an welchem blos die Zeichnung der Flächen die Hemiëdrie verräth. Der Würfel des Pyrits, Fig. 35, ist ebenfalls in geometrischer Beziehung dem holoëdrischen Würfel gleich, und ist doch eine hemiëdrische Form, da die Seiten jeder Fläche in physikalischer Beziehung blos abwechselnd gleich sind.

18. In den Krystallsystemen höherer Symmetriegrade treten auch Formen auf, die sich nur durch eine wiederholte Hemiëdrie erklären lassen. In diesem Falle sind auch jene Krystallräume, welche in den hemiëdrischen Krystallen

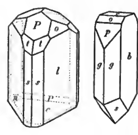


unter einander gleich erscheinen, blos abwechselnd gleich, so dass also von allen Krystallräumen des holoëdrischen Krystalles blos der vierte Theil Gleichheit darbietet. Weil nach dieser Regel Formen gebildet werden können, welche blos den vierten Theil jener Flächen aufweisen, die an holoëdrischen Krystallen zugleich auftreten, so werden die Krystallformen dieser Abtheilungen tetartoëdrische und wird die Erscheinung Tetartoëdrie genannt.

Man hat früher mit dem Ausdruck Meroëdrie das unvollzählige Auftreten der Flächen einer Form bezeichnet, wofern die vorhandenen Flächen nicht einer Hemiëdrie, sondern einem ganz anderen Systeme entsprechen, doch wäre dies, wenn es nicht blos zufällig, sondern am selben Mineral regelmässig vorkäme, ein Widerspruch gegen die Symmetriegesetze. In der That haben genauere Untersuchungen am Wolframit, Glimmer, Humit etc. gezeigt, dass die bezüglichen Krystalle wirklich jenem System angehören, welches die als unvollzählig betrachteten Flächen anzeigen, und so dürfte wohl künftig der Ausdruck Meroëdrie aus der Literatur verschwinden.

19. Hemimorphie. Manche Minerale erscheinen in Krystallen, welche dadurch ein abweichendes Ansehen darbieten, dass sie an beiden Enden nicht die gleiche, sondern verschiedene Flächenausbildung zeigen. Man nennt diese Erscheinung Hemimorphie. Beispiele sind der Turmalinkrystall in Fig. 36 und der Krystall des Kieselzinkes in Fig. 37.

Fig. 36. Fig. 37.



Die Gesetzmässigkeit, welche hier waltet, lässt sich so bezeichnen, dass an den beiden Seiten eines Hauptschnittes, welcher von allen übrigen verschieden ist, Verschiedenheit eintritt. In dem Turmalinkrystall ist es die Hauptebene, in dem anderen Krystall der horizontal gestellte Hauptschnitt, welcher die Einseitigkeit darbietet. Die Linie, welche auf dem gleichsam unwirksamen Hauptschnitt senkrecht steht, ist an beiden Enden verschieden, ist polar. Hemimorphe Krystalle zeigen dementsprechend bei elektrischer Erregung polare Eigenschaften.

Die Hemimorphie ist ebensogut wie die Hemiëdrie eine gesetzmässige Erscheinung. Die blos zufällig verschiedene Ausbildung der beiden Enden, welche an einem Krystall dieses oder jenes Minerals beobachtet worden ist, gehört nicht hieher. Demnach sind wohl die Krystalle von Turmalin, Kieselgalmei hemimorph, aber nicht jene von Baryt, Topas etc.

Die sechs Krystallsysteme mit ihren durch Hemiëdrie und Hemimorphie bedingten Abtheilungen erschöpfen alle denkbaren Grade der Symmetrie, wie dies v. Lang ausführlich gezeigt hat. In der That wurde noch nie ein Krystall gefunden, der sich nicht in eines der Systeme einreihen liesse.

20. Axen. Die gegenseitige Lage der Flächen an einem Krystall kann auf die einfachste Weise geschildert werden, wenn man auf den Krystall eine

Digitized by Google

Methode anwendet, welche der analytischen Geometrie entnommen ist. Dieser gemäss wählt man drei Krystallflächen aus, welche so liegen, dass sie entweder direct oder nach ihrer Vergrösserung ein Eck bilden, und bezieht auf diese Flächen alle übrigen in folgender Weise: Parallel zu jenen Flächen werden durch das Innere des Krystalls hindurch drei Ebenen gedacht, welche sich in drei Linien, den Axen, schneiden. Letztere gehen alle durch einen gemeinschaftlichen Durchschnittspunkt. Man gibt nun bei jeder Fläche an, welche Abschnitte dieselbe nach gehöriger Vergrösserung an den Axen hervorbringt. Diese Abschnitte werden Parameter genannt.

An dem Augitkrystall, Fig. 38, werden die Flächenpaare *r*, *l*, *t* ausgewählt, um die Axen zu erhalten. Wären diese drei Flächenpaare allein vorhanden, so hätte der Körper die Form in Fig. 39.

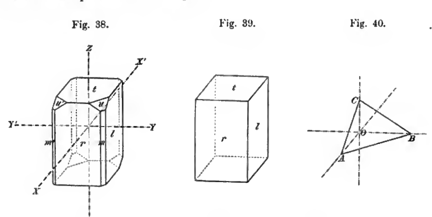


Fig. 38. Fig. 39. Fig. 40.

Denkt man sich nun in dem ersteren Krystall parallel zu den genannten drei Flächen Ebenen gelegt, welche alle durch einen im Inneren liegenden Punkt gehen, so ergeben sich drei Durchschnittlinien dieser Ebenen, nämlich XX', YY' und ZZ', welche die Axen sind. Wenn die drei Axen, so wie in Fig. 40, besonders gedacht werden und die Fläche *u* vergrössert wird, so schneidet dieselbe die drei Axen in den Punkten *A*, *B*, *C*. Demnach sind die Stücke OA, OB, und OC die Parameter der Fläche *u*.

Es ist ersichtlich, dass die Kanten der Form in Fig. 39 den Axen parallel sind. Man kann daher auch sagen, die Axen werden erhalten, wenn man die drei Kanten, welche von den ausgewählten Flächen gebildet werden, parallel in den Krystall versetzt. Man kann also, anstatt von Ebenen auszugehen und deren Durchschnitte als Axen zu nehmen, auch kürzer verfahren, und drei Kanten des Krystalls, welche einander nicht parallel sind, für die Bestimmungen der Axenrichtungen wählen. Im vorliegenden Beispiele, Fig. 38, kann man also geradewegs damit beginnen, die Richtung der Kante zwischen *t* und *l* als Richtung der *X*-Axe anzunehmen, und die Kante zwischen *t* und *r* für die *Y*-Axe, die Kanten zwischen *r* und *l* für die *Z*-Axe zu benützen.

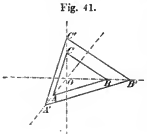
Die Ebenen, welche in das Innere des Krystalls gelegt werden, um die Axen zu erhalten, werden Axenebenen genannt. Sie liegen, wie gesagt, Krystallflächen parallel. Es ist aber nicht nothwendig, dass diese Flächen an dem Krytall, der beschrieben wird, sichtbar sind, aber sie müssen mögliche Flächen sein. Was hierunter zu verstehen sei, ergiebt sich aus den früher genannten Beobachtungen, welche gezeigt haben, dass beim Fortwachsen der Krystalle neue Flächen auftreten können, die früher nicht vorhanden waren, und dass früher vorhandene verschwinden. An jedem Krystall sind demnach viele Flächen möglich, welche an ihm nicht ausgebildet erscheinen. Das Beispiel am Alaun hat gezeigt, dass an demselben nicht blos die Oktaëderflächen in Fig. 3, sondern auch Flächen möglich sind, welche die Ecken jener Form abstumpfen, Fig. 5. Diese abstumpfenden Flächen für sich gedacht, geben aber einen Würfel. Demnach können für die Formen des Alauns die Flächen des Würfels zur Ableitung der Axen dienen.

Bei den triklinen Krystallformen wird man drei beliebige Flächenpaare für die Angabe der Axen wählen dürfen, bei allen übrigen Formen aber ist man darauf angewiesen, die Axenebenen in Hauptschnitte zu legen, damit die erkannte Symmetrie nicht durch eine willkürliche Annahme der Axenebenen einen Widerspruch erfahre.

21. Parameter. Die Parameter werden in den Richtungen OX, OY und OZ positiv, in den Richtungen OX', OY' und OZ' hingegen negativ gezählt. Werden die Parameter OA, OB und OC abkürzungsweise mit a, b, c bezeichnet, so wird die Lage der Fläche u in Fig. 38 durch die Parameter a, b, c, die Lage der Fläche u' hingegen durch die Parameter a, $-b$, c ausgedrückt, weil die letztere Fläche wohl dieselben Abschnitte an den Axen hervorbringt, wie u, jedoch der Abschnitt auf der Axe YY' auf dem negativen Aste derselben liegt.

Werden die Parameter einer Fläche mit derselben Zahl multiplicirt, so erhält man die Parameter einer Fläche, welche mit der vorigen parallel ist. Entsprechen einer Fläche ABC die drei Parameter a, b, c, so sind die Parameter einer dazu parallelen Fläche $A'\,B'\,C'$ in Fig. 41 $\mathfrak{r}a$, $\mathfrak{r}b$, $\mathfrak{r}c$. Hier ist $\mathfrak{r}$ grösser als 1 angenommen, die Fläche erscheint herausgeschoben; würde $\mathfrak{r}$ kleiner als 1, also z. B. $\frac{1}{2}$ angenommen, so erschiene die Fläche ebenfalls parallel verschoben, aber dem Durchschnittspunkt o näher gerückt, wäre $\mathfrak{r}$ negativ, so läge die Fläche statt vorn, auf der Rückseite des Krystalls.

Fig. 41.



Vergleicht man das Verhältnis, in welchem die Parameter der Fläche ABC stehen mit jenem, welches einer dazu parallelen Fläche zukommt, so zeigt sich, dass beide gleich sind, weil

$$a:b:c = \mathfrak{r}a:\mathfrak{r}b:\mathfrak{r}c.$$

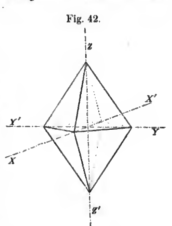
So gut wie die Krystallflächen parallel verschoben gedacht werden können, ohne dass ihre gegenseitige Lage sich verändert, ebenso darf demnach jedes Parameterverhältnis beliebig durch dieselbe Zahl multiplicirt oder dividirt werden.

Eine zu *A B C* nicht parallele Fläche wird nicht $a:b:c$, sondern ein anderes Parameterverhältnis ergeben. Ein völlig anderes Verhältnis würde aber entstehen, wenn man jeden der drei Parameter mit einer anderen Zahl multiplicirte: z. B. $\mathrm{m}a:\mathrm{n}b:\mathrm{p}c$.

22. Flächentypen. Jede Krystallfläche ist entweder einer Axe parallel oder sie ist gegen dieselbe geneigt. Hieraus ergibt sich die erste Classification der Flächen, welcher gemäss drei Typen unterschieden werden.

1. Pyramidenflächen heissen diejenigen, welche alle Axen schneiden, also keiner derselben parallel sind, und demnach drei angebbare Parameter haben. Ihr Parameterverhältnis lautet demnach allgemein: $\mathrm{m}a:\mathrm{n}b:\mathrm{p}c$. In Fig. 38 ist *u* eine Pyramidenfläche.

Fig. 42.



2. Prismenflächen werden jene genannt, welche einer Axe parallel sind, die übrigen Axen aber schneiden. Ein Beispiel ist *m* in Fig. 38. Jede Prismenfläche hat nur zwei Parameter. Den dritten pflegt man als unendlich gross zu bezeichnen, somit würden alle Prismenflächen, welche so wie *m* der aufrechten Axe parallel sind, durch $\mathrm{m}a:\mathrm{n}b:\infty c$ angedeutet. Sie werden aufrechte Prismen genannt, während jene, welche der *Y*-Axe parallel sind, gewöhnlich als Querprismen und die der *X*-Axe parallelen als Längsprismen bezeichnet werden.

3. Endflächen pflegt man jene zu nennen, welche zugleich zwei Axen parallel sind, denen also stets zwei Parameter von der Grösse ∞ zukommen. In Fig. 38 sind *r*, *l*, *t* Endflächen, und zwar heisst *r* die Querfläche, *l* die Längsfläche, *t* die eigentliche Endfläche.

Der Zusammenhang zwischen allen Flächentypen wird anschaulich, wenn man sich klar macht, dass in dem allgemeinen Zeichen einer Pyramidenfläche, nämlich: $\mathrm{m}a:\mathrm{n}b:\mathrm{p}c$ alle diese Flächen enthalten sind. Dieses Zeichen bedeutet vorläufig zwar nur eine einzige Fläche, wenn aber alle die positiven und die negativen Parameter von der angegebenen Länge combinirt werden, so erhält man die Zeichen von 8 Flächen, welche miteinander eine Doppelpyramide, ähnlich wie Fig. 42 geben würden. Man kann sonach, wenn diese 8 Flächen gleich sind, unter $(\mathrm{m}a:\mathrm{n}b:\mathrm{p}c)$ eine solche pyramidale Form verstehen. Wird nun in diesem Zeichen der Werth p grösser und grösser gedacht, so entstehen Pyramiden von immer längerer und längerer *Z*-Axe, also immer spitzere Pyramiden und schliesslich, wenn p den Werth ∞ erreicht, entsteht ein aufrechtes Prisma $(\mathrm{m}a:\mathrm{n}b:\infty c)$.

Wenn hingegen in dem ursprünglichen Zeichen $(ma:nb:pc)$ der Werth n immer grösser nnd grösser gedacht wird, so entstehen Pyramiden, welche mehr und mehr nach der Y-Axe gestreckt sind und znletzt entsteht ein Querprisma $(ma:\infty b:pc)$. Wird endlich in dem ursprünglichen Zeichen der Werth m beständig zunehmend gedacht, so gibt dieses Zeichen Pyramiden an, welche nach der X-Axe gestreckt erscheinen und das Endglied ist in diesem Falle das Längsprisma $(\infty a:nb:pc)$.

Kehrt man jetzt zu dem allgemeinen Zeichen des aufrechten Prisma $(ma:nb:\infty c)$ zurück nnd denkt sich hier den Werth n beständig zunehmend, so bedeutet dies ein aufrechtes Prisma, dessen Flächen sich immer mehr nach der Y-Axe strecken, dessen vorderer Winkel also beständig geringer wird. Dieser Winkel verschwindet, sobald n die Grösse ∞ erreicht, und es entsteht das Querflächenpaar $(ma:\infty b:\infty c)$, was ebensoviel ist als $(a:\infty b:\infty c)$. In entsprechender Weise gelangt man von den Prismen zu dem Längs- und Endflächenpaar.

23. Parametergesetz. Das Grundgesetz, welches, abgesehen von jenem der Symmetrie, die Krystallformen beherrscht und welches schon von Hany in einer anderen Form ausgesprochen wurde, lautet:

Die Flächen, welche am selben Krystall auftreten oder an demselben möglich sind, haben immer nnr solche Parameterverhältnisse, in welchen die Coëfficienten m, n, p als ganze Zahlen erscheinen. Man drückt dieses auch in der Weise aus, dass man sagt, das Verhältnis der Coëfficienten m : n : p ist ein rationales. Wenn einer Fläche des Krystalls das Parameterverhältnis:

	$a : b : c$	zukömmt, so hat z. B.
eine andere Fläche das Verhältnis	$a : b : 2c$,	
„ dritte „ „ „	$a : 2b : c$	
„ vierte „ „ „	$3a : 4b : 2c$	
wieder eine andere „ „	$a : b : \infty c$	
„ „ „ „ „	$2a : 3b : \infty c$	
„ „ „ „ „	$a : \infty b : 2c$	u. s. w.

Hier wird also die Grösse ∞ auch zu den ganzen Zahlen gerechnet.

Wenn demnach an einem Krystall eine Fläche das Parameterverhältnis $a:b:c$ hat, so ist an demselben Krystall keine Fläche möglich, welcher ein Parameterverhältnis $ua:vb:wc$ zukäme, worin u, v, w irrationale Werthe, wie $\sqrt{2}$ oder wie $\sin 20^{0}$ wären, sondern die an dem Krystall möglichen oder wirklich auftretenden Flächen zeigen immer nur solche Parameterverhältnisse, welche ein rationales Verhältnis der Coëfficienten m, n, p darbieten.

An dem Augitkrystall, Fig. 43, ergäbe die Fläche *u* das Parameterverhältnis $a:b:c$. Die Fläche *v* würde sodann ein ganz verschiedenes Verhältnis liefern, sobald sie aber parallel verschoben wird, so kommt ein Augenblick, in welchem sie an den Axen XX' und YY' dieselben Abschnitte erzeugt, wie die vorige Fläche, Fig. 44 Dann aber trifft sie die Axe ZZ' in D, also in einer doppelt so grossen

Digitized by Google

Entfernung vom Punkte O, als die vorige. Folglich ergibt sich für die Fläche v das Verhältnis $a:b:2c$.

Die Fläche s hat die Parameter OA, OB, OC', also das Verhältnis $a:b:-c$.

Wird die Fläche ζ parallel verschoben, bis sie die Axe XX' in demselben Punkte trifft, wie die Fläche u, dann würde sie die beiden anderen Axen in den Entfernungen $OE = \frac{1}{2}b$ und $OF = -\frac{4}{3}c$ treffen, woraus das Parameterverhältnis $a:\frac{1}{2}b:-\frac{4}{3}c$ folgt, welches nach der Multiplication mit 6 gleich ist dem Verhältnisse $6a:3b:-8c$.

Die Fläche m wird die beiden Axen XX' und YY' in demselben Verhältnisse schneiden, wie u, woraus das Parameterverhältnis dieser Fläche des zweiten Typus nämlich $a:b:\infty c$ folgt. In diesem Beispiele haben sich für die Coëfficienten

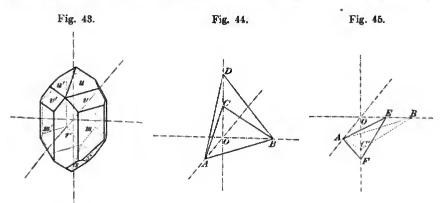


Fig. 43. Fig. 44. Fig. 45.

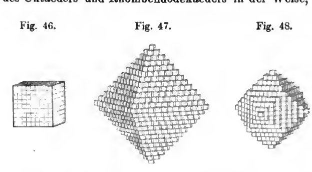
die Werthe $1, 2, 3, 6, 8$ und ∞, also durchwegs rationelle Verhältnisse der Parameter ergeben.

Die Parameter OA, OB etc. sind Längen, welche in irgend einem Maasse, z. B. in Millimetern ausgedrückt werden könnten. Das Parameterverhältnis hingegen ist das Verhältnis dieser Längen, also nur ein Zahlenverhältnis. Das Parameterverhältnis jener Fläche, von der man bei der Betrachtung des Krystalles ausgeht, also das Verhältnis $a:b:c$ wird gewöhnlich das Axenverhältnis genannt. Man schreibt selbes in der Regel so, dass wenigstens eine der drei Zahlen $= 1$ gesetzt wird. Für den Augit Fig. 38 und 43 ist das Verhältnis $a:b:c$, welches von der Fläche u hergenommen wurde: $1704:1563:921$. Wenn man dieses Verhältnis aber durch die für b angesetzte Zahl dividirt, so folgt $1{\cdot}0902:1:0{\cdot}5893$, worin also der eine Werth $= 1$ erscheint.

24. Erklärung. Das Parametergesetz ist aus vielen Beobachtungen abgeleitet und gilt vorerst nur für die beobachteten Fälle. Es ist ein empirisches Gesetz, doch wird es allgemein giltig, wird zum Naturgesetz, wenn wir zeigen, dass es die nothwendige Folge einer unanfechtbaren anschaulichen Vorstellung sei, also dass es von einem natürlichen Principe abgeleitet werden könne. Diese Ableitung wäre die Erklärung der unter das Gesetz fallenden Erscheinungen.

Hauy hat sogleich bei der Aufstellung des Parametergesetzes eine Erklärung versucht, welche jenes Gesetz mit einer einfachen Vorstellung verbindet. Nach dieser bestehen die Krystalle aus geformten, untereinander gleichen Partikelchen, die sich wie Ziegel eines Mauerwerkes regelmässig zusammenfügen. Denkt man sich die Krystalle in der angegebenen Weise aus vielen ungemein kleinen gleichen Körperchen schichtenartig gebaut, so erklärt sich daraus, dass die Krystalle mit ebenen Flächen und bestimmten Winkeln entstehen und dass die Lage der Flächen durchwegs dem Parametergesetze folgt.

Ein einfaches Beispiel gibt der Bleiglanz. Dieses Mineral krystallisirt häufig in Würfeln. Nach dem erwähnten Gesetze sind aber auch Oktaëder und Rhombendodekaëder möglich und in der That kommen die Flächen dieser Formen an manchen Bleiglanzkrystallen vor. Da nun der Bleiglanz nach den Würfelflächen spaltbar ist, folglich jeder Bleiglanzwürfel in ungemein viele würfelförmige Partikel zertheilt werden kann, so nahm Hauy an, dass alle Bleiglanzkrystalle aus ungemein kleinen Würfeln aufgebaut seien, also die Formen des Würfels, des Oktaëders und Rhombendodekaëders in der Weise, wie in Fig. 46, 47, 48. Da die würfelförmigen Partikelchen von einer unangebbar geringen Grösse sind, so werden die Flächen, welche in dieser Zeichnung rauh oder treppenartig dargestellt sind, in der That doch glatt und eben erscheinen.


Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48.

Wenn man in dem vorliegenden Falle annimmt, dass zuerst aus den gleichen Partikelchen ein Würfel, wie in Fig. 46, gebildet wird, und dass an denselben sich fernere solche Partikelchen anlegen, um das Rhombendodekaëder Fig. 48 zu bilden, so ist leicht zu erkennen, dass beim Wachsen des Krystalls sich zunächst auf jeder Würfelfläche eine Schichte absetzen muss, welche an allen vier Seiten der Fläche um ein Partikelchen weniger enthält als diese. Die nächste Schichte enthält wieder jederseits ein Partikelchen weniger als die vorige u. s. f., wonach sich auf jeder früheren Würfelfläche von den Kanten her eine vierflächige Pyramide aufbaut, deren Höhe halb so gross ist als die Höhe des früher gedachten Würfels.

Die Abnahme der Schichten in Breite und Länge, die bei der Bildung jener Formen platzgreift, welche andere Flächen als die Grundform haben, nannte Hauy die Decrescenz. Bei der Bildung des Oktaëders erfolgt die Decrescenz an den Ecken, indem jede Schichte daselbst um eine Reihe von Partikelchen weniger ansetzt als die vorige. Die Decrescenz kann sowohl an den Kanten als an den Ecken eine, zwei, drei, vier etc. Reihen von Partikelchen betragen oder abwechselnd zwei und drei, zwei und fünf u. s. w. betragen. Diese Zahlen sind geradeso wie die Coëfficienten m, n, p immer rationale Zahlen.

25. Die Vorstellung von der Bildung der Krystalle aus geformten Partikeln, welche sich ohne Zwischenraum berühren und den Krystall wie ein Mauerwerk erscheinen lassen, wurde wiederum aufgegeben, als es sich zeigte, dass sie nicht consequent durchführbar sei, nnd dass sie mit anderen Erscheinungen sich nicht gut vereinigen lasse. Die Lehren der Physik erfordern für jedes Körpertheilchen einen Raum, in welchem es jene Schwingungen ausführt, die uns als Licht, Wärme u. s. w. erscheinen, das Verschlucken von Gasen durch Krystalle setzt gleichfalls Zwischenräume voraus, die Erscheinungen der Elasticität gleichfalls u. s f. Demnach ist es nothwendig, die Krystalltheilchen ohne gegenseitige Berührung zu denken.

Demgemäss betrachtet man jeden Krystall zusammengefügt aus Körperchen, welche einander nicht berühren, sondern frei schweben, welche aber im übrigen so angeordnet sind, wie die vorhin gedachten geformten Partikelchen. Die schwebenden Körperchen sind demnach so gegen einander gestellt, dass in derselben Richtung im Krystall jedes Körperchen von dem folgenden so weit entfernt ist, wie dieses von dem dritten, wie das dritte von dem vierten u. s. f. Solche Körperchen werden Krystallmolekel[1]) genannt.

Es erscheint anfangs befremdlich, dass man sich die Theilchen eines starren Körpers schwebend zu denken habe, denn man kömmt sogleich zu dem Schlusse, dass man durch den freien Raum zwischen den Molekeln hindurchsehen müsste, während doch sehr viele starre Körper undurchsichtig sind. Weil aber die Distanz zwischen unserem Auge und jenen Molekeln unter allen Umständen im Vergleiche zu der gegenseitigen Distanz der Molekeln ungemein gross ist, so ergeht es hier wie beim Anblick eines Waldes aus grosser Entfernung, der wie eine compacte Masse erscheint, obgleich die einzelnen Bäume von einander entfernt stehen. Die Molekel und ihre Distanzen sind so klein, dass ihre Vereinigung dem freien Ange als eine zusammenhängende Masse erscheint, und dass auch bei der mikroskopischen Betrachtung, welche gleichsam eine ausserordentliche Annähernng des Auges an das Object ist, noch immer keine Unterbrechung dieses Zusammenhanges erkennbar wird.

Den Krystallmolekeln hat man keine bestimmte Gestalt zuzuschreiben, denn ihre Form hat jetzt keine Bedeutung. Wenn sie daher später in der Zeichnnng als Kügelchen oder Punkte dargestellt sind, so soll dieses nur dazu dienen, den Ort jeder Molekel anzngeben, ohne aber die Beschaffenheit derselben auszudrücken.

Die Vorstellung von dem Aufbau der Krystalle aus Molekeln ist namentlich von Bravais und von Frankenheim ausgebildet worden, welche beide die Gesetzmässigkeiten, welche daraus folgen, entdeckt und in ein System gebracht haben.

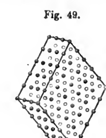
---

[1]) Molecula, kleine Masse, Massentheilchen. Ich stimme mit L. Meyer überein, welcher vorzieht, das Wort aus der Ursprache zu nehmen und Molekel zu schreiben, anstatt, wie es öfter geschieht, das französirte Wort Molekül zu gebrauchen. (Die modernen Theorien der Chemie.) Jene Hypothesen, welche nach Hauy aufgestellt wurden und welche sphärische oder ellipsoidische Krystallmolekel annehmen, sind hier übergangen worden, um sogleich die heutige Anschauung zu entwickeln.

Um von der früheren Hauy'schen Vorstellung auf die neuere überzugehen, denkt man sich in den Mittelpunkt jeder geformten Partikel eine Molekel und lässt alle Begrenzungen der Partikel weg. Man hat sodann einen regelmässigen Bau, der aus schwebenden Molekeln besteht. Jede derselben hat die Eigenschaft, benachbarte Theilchen anzuziehen und in bestimmten Richtungen und bestimmten Entfernungen zu erhalten. Diese Entfernungen müssen sich auf derselben Linie von Molekel zu Molekel wiederholen. Ein Beispiel wäre Fig. 49, welche ein Bild von der Anordnnng der Molekel in einem sehr kleinen Barytkrystall geben soll.

An einem solchen Ban erscheinen die vorhandenen Krystallflächen als Ebenen, welche eine ganze Schaar von Molekeln berühren, sie erscheinen als Tangentialebenen eines regelmässig angeordneten Systems von Molekeln. Die Spaltebenen nnd alle möglichen Krystallflächen sind Ebenen, welche durch eine grössere Anzahl von Molekeln gelegt gedacht werden können: sie sind Molekularebenen. Die Linien, welche durch mehrere Molekel hindurch gelegt werden können, heissen Molekularlinien. Die Kanten des Krystalles sind ersichtlicher Weise Molekularlinien und demzufolge auch die Axen.

Fig. 49.



Die Molekel, welche in einer Ebene liegen, bilden eine netzförmige Vereinigung. Jede Schichte des Krystalls, welche so dünn gedacht wird, dass in der Dicke nur eine einzige Molekel vorhanden ist, stellt also ein Moleknlarnetz vor.

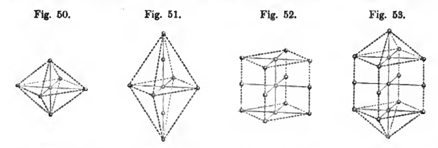
Die regelmässige Anordnung der Molekel im Krystall erklärt nun 1. die Erscheinungen beim Wachsen der Krystalle, 2. das Statthaben des Parametergesetzes, 3. die Spaltbarkeit. Ausserdem ist sie mit der Symmetrie nnd mit allen ferner zu besprechenden Eigenschaften der Krystalle im Einklange.

26. Unter dem Wachsen des Krystalls hat man sich die regelmässige parallele Aneinanderfügung der Molekel, welche in den starren Zustand übergehen, zu denken. Um die Sache anschaulich zu machen, darf man sich einen Platz vorstellen, welcher dicht mit Soldaten angefüllt ist, welche aber alle in beständiger Bewegung begriffen sind, indem sie unregelmässig durcheinandertreiben. Dies wäre das Bild eines Körpers im beweglichen Zustande, die Soldaten wären die einzelnen Molekel. Nun würde aber plötzlich ein Soldat stehen bleiben, die nächsten würden sich an denselben anstellen und es würden immer die nächsten diesem Beispiele folgen, und sich an die vorigen seitlich und parallel anreihen. In kurzer Zeit würde ein kleines Rechteck oder Quadrat fertig sein, nach etwas längerer Zeit ein grösseres. Dieses Rechteck ist das Bild des Krystalles, dessen Molekel eine parallele und äquidistante Anordnung haben, nnd deren Complex gleichförmig anwächst. Das Bild ist aber unvollkommen, denn der Krystall wächst nicht blos nach zwei Richtungen, nicht blos nach einer Fläche, sondern er wächst auch in die Dicke, also nach drei Richtungen. Dieses Wachsen nach allen Richtungen des Raumes wird man sich weniger leicht vor-

stellen, noch schwieriger ist es zu zeichnen. Man muss in diesem Fall bei den ersten Anfängen des Wachsens stehen bleiben. Dann genügen wenige Beispiele.

Stellt man sich vor, dass eine Molekel vorhanden sei, welche nach oben und nach unten dieselbe Anziehung ausübt, eine andere Anziehung links und rechts, und wieder eine andere vorn und rückwärts, und denkt man sich an diese Molekel nach jeder der sechs genannten Richtungen eine fernere ihr gleiche Molekel angesetzt, so ergibt sich im ersten Augenblick des Wachsens ein kleines System von Molekeln, wie es die Fig. 50 darstellt.

Dauert das Wachsen nach derselben Regel fort, setzt also jede der in Fig. 50 gezeichneten Molekel wieder andere an, und zwar nach jeder der genannten sechs Richtungen, wofern sie noch nicht besetzt sind, so erhält man einen Krystall von der Gestalt einer Doppelpyramide, welche dieselbe Form hat als jene ist, welche man erhält, wofern die Molekel in Fig. 50 durch Linien verbunden werden. Man kann sagen, durch das gleichförmige Fortwachsen entstehe eine


Fig. 50. Fig. 51. Fig. 52. Fig. 53.

vergrösserte Form desselben Systems, weil an dieses immer gleiche Schichten angesetzt werden.

Es ist nicht nothwendig, dass das Wachsen nach verschiedenen Richtungen in gleicher Weise erfolgt, vielmehr kann dasselbe nach ungleichen Richtungen in ungleicher Weise erfolgen. Ein Beispiel gibt Fig. 51. Wenn sich in der Linie, welche hier die aufrechte ist, an die ursprüngliche Molekel nach aufwärts zwei Molekel ansetzen, so wird ein gleiches nach abwärts erfolgen, weil diese Richtungen gleich sind. Dagegen würden im gleichen Zeitraum links und rechts nur eine Molekel, endlich vorn und rückwärts auch nur eine Molekel angesetzt werden. So entstünde im ersten Moment ein kleines System von der Gestalt Fig. 51, und wenn das Wachsen in gleicher Weise fortschreitet, so würde sich die vergrösserte Form davon, also wieder eine Doppelpyramide, bilden, welche aber die doppelte Höhe der vorigen hat.

Das Wachsen geht in vielen Fällen nicht blos nach den früher genannten Richtungen von statten, sondern auch nach Zwischenrichtungen, wofern sie Molekularlinien sind. Fig. 52 gibt einen Fall an, in welchem ein gleichförmiges Wachsen sowohl nach den sechs ersten Richtungen, als auch nach acht zwischen denselben gelegenen Hauptrichtungen stattfindet. Bei gleichförmigem Fortschreiten des Wachsthums nach der gleichen Regel wird sich die vergrösserte Form von Fig. 52 bilden.

Digitized by Google

Die Fig. 53 zeigt endlich ein Wachsthum, welches die beiden letzteren Fälle vereinigt.

27. Werden auf der Molekularlinie, welche gegen den Beschauer zuläuft, die gleichen Distanzen zwischen jeder Molekel und der folgenden mit a bezeichnet, ferner die gleichen Distanzen auf der querliegenden Molekularlinie mit b und die gleichen Distanzen an der aufrechten Linie mit c, so wären dies drei Längen, welche, auch in Millimetern ausgedrückt, von einer Kleinheit wären, die man sich nicht vorzustellen vermag. Das Verhältnis aber, in welchem diese drei Grössen zu einander stehen, kann durch Zahlen ausgedrückt werden und diese mögen mit a, b, c bezeichnet werden, so dass

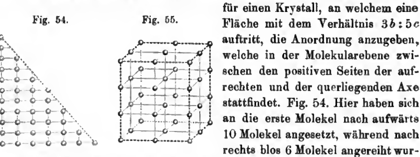
$$\mathfrak{a}:\mathfrak{b}:\mathfrak{c} = a:b:c.$$

Ist nun die Lage der drei genannten Molekularlinien bekannt, so lässt sich die Lage jeder Fläche an den Krystallen, welche vergrösserte Formen der vorher besprochenen Systeme sind, einfach darstellen. Für die Flächen in

Fig. 50 hat man $a:b:c$, für jene in
„ 51 „ „ $a:b:2c$, für die Form in
„ 52 „ „ $a:b:\infty c$ und $\infty a:\infty b:c$, endlich für
„ 53 „ „ $a:b:\infty c$ und $a:b:c$.

Diese Beispiele zeigen zur Genüge, wie sich das Parametergesetz erklären lässt, sie zeigen, dass dieses Gesetz eine Folge der regelmässigen Anordnung der Molekel ist, und es lässt sich die Erklärung in folgender Weise kurz aussprechen: da die Molekel beim Wachsen des Krystalls in den verschiedenen Richtungen nur zu einer, zu zweien, zu dreien ... überhaupt nur nach ganzen Zahlen angesetzt werden können, so werden auch die Krystallflächen nur solche Parameterverhältnisse darbieten können, deren Verhältnis durch ganze Zahlen ausgedrückt werden kann.

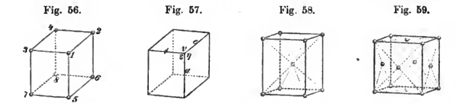
Für den Fall, als dieses Verhältnis kein so einfaches ist, wie die zuvor betrachteten, lässt sich der Bau nicht gut bildlich darstellen. Es mag daher genügen, für einen Krystall, an welchem eine Fläche mit dem Verhältnis $3b:5c$ auftritt, die Anordnung anzugeben, welche in der Molekularebene zwischen den positiven Seiten der aufrechten und der querliegenden Axe stattfindet. Fig. 54. Hier haben sich an die erste Molekel nach aufwärts 10 Molekel angesetzt, während nach rechts blos 6 Molekel angereiht wurden. Mittlerweile sind aber in den Raum zwischen diesen beiden Richtungen an jede Molekel so viele andere angesetzt worden, als die Regel vorschreibt, nach welcher aufwärts immer 5 angelagert werden, während nach rechts 3 sich ansetzen.


Fig. 54. Fig. 55.

28. Der fertige Bau eines Krystalls ist gleichsam ein regelmässiges Netzwerk, welches aus ungemein vielen Molekeln besteht. Die Fäden des Netzes sind nichts Körperliches, sondern sind die Maxima der Anziehung der Molekel, die Knoten des Netzes aber sind körperlich, sind die Molekel. Ein sehr kleiner Theil eines solchen Netzes ist in Fig. 55 dargestellt. Man kann durch ein Moleknlarnetz viele Ebenen legen, deren jede mindestens durch drei Molekel hindurch geht. Jede solche Ebene ist eine mögliche Fläche des Krystalls. Unter diesen werden sich die Spaltungsebenen dadurch auszeichnen, dass in ihnen die Molekel am dichtesten gedrängt erscheinen. In Fig. 55, sowie in Fig. 49 werden es die Ebenen sein, welche der äusseren Begrenznng parallel sind. Man erkennt daraus, dass die Spaltungsebenen häufig den Endflächen und Prismenflächen parallel sein werden.

In jedem Moleknlarnetz wiederholt sich dieselbe Stellung der Molekel. Die kleinste Anzahl von Molekeln, welche die gegenseitige Stellung bereits vollständig angibt, erscheint als eine Masche des ganzen Netzes nnd ist ein Elementarsystem,

Fig. 56. Fig. 57. Fig. 58. Fig. 59.



durch dessen Eigenschaften der ganze Bau, folglich auch dessen Symmetrie beherrscht wird. Denkt man sich eine solche Masche für sich, so wird der Raum derselben im Allgemeinen von acht Molekeln umschlossen sein, wovon Fig. 56 ein Bild gibt.

Solcher Elementarsysteme, welche die Bedingungen einer regelmässigen Anordnung der Molekel erfüllen, sind nun 14 von einander verschiedene denkbar, daher es 14 mögliche Anordnungsarten der Molekel in den Krystallen gibt. Wird nun die Distanz der Molekel 1 und 2 mit e, jene der Molekel 1 nnd 3 mit i und jene der Molekel 1 und 5 mit u, ferner der Winkel zwischen den gedachten Linien u und i mit ε, jener zwischen u und e mit η, endlich jener zwischen i und e mit υ bezeichnet, wie dies Fig. 57 angibt, so können die von Frankenheim erdachten 14 Anordnungsarten und deren Zugehörigkeit zn den sechs Krystallsystemen in folgender Weise angegeben werden:

Triklines System:

1. e, i, u ungleich; ε, η, υ ungleich und schief. Das Elementarsystem ist ein schiefwinkeliges Parallelepiped.

Monoklines System:

2. e, i, u ungleich; $\varepsilon = \upsilon = 90°$; η schief. Das Elementarsystem ist eine gerade rhomboidische Säule.

3. $e = i$; u davon verschieden; $\varepsilon = \eta$; υ davon verschieden, alle drei schief. Schiefe rhombische Säule.

Rhombisches System:

4. e, i, u ungleich; $\varepsilon = \eta = \upsilon = 90^{\circ}$. Rechtwinkeliges Parallelepiped.

5. Dieselbe Anordnung centrirt. Innerhalb der acht Molekel befindet sich eine neunte, die von jenen gleich weit absteht. Vergl. Fig. 58. Centrirtes rechtwinkeliges Parallelepiped.

6. $e = i$; u davon verschieden, $\varepsilon = \eta = 90^{\circ}$; υ davon verschieden, schief. Gerade rhombische Säule.

7. Dieselbe Anordnung centrirt. Gerade, centrirte rhombische Säule.

Tetragonales System:

8. $e = i$; u davon verschieden; $\varepsilon = \eta = \upsilon = 90^{\circ}$. Quadratische Säule.

9. Dieselbe Anordnung centrirt. Centrirte quadratische Säule.

Hexagonales System:

10. $e = i$; u davon verschieden, $\varepsilon = \eta = 90$; $\upsilon = 120^{\circ}$. Da bei dieser Anordnung die Distanz o zwischen den Molekeln 1 und 4 den Distanzen e und i gleich ist, also $e = i = o$, so kann als Elementarsystem des Netzes ein regelmässig dreiseitiges Prisma angenommen werden.

11. $e = i = u$; $\varepsilon = \eta = \upsilon$ schief. Diese Anordnung entspricht jener Abtheilung, welche die rhomboëdrische genannt wird, da das Elementarsystem ein Rhomboëder.

Tesserales System:

12. $e = i = u$; $\varepsilon = \eta = \upsilon = 90^{\circ}$. Würfel.

13. Dieselbe Anordnung centrirt. Centrirte Würfel.

14. Dieselbe Anordnung wie 12, jedoch mit Molekeln in den Flächencentren. Fig. 59. Würfel mit centrirten Flächen.

In den tesseralen Krystallen ist jede der genannten Anordnungen eine reguläre. Denkt man sich im Innern des Krystalls um irgend eine Molekel eine Kugelfläche, welche durch eine andere Molekel geht, so trifft diese Fläche zugleich eine ganze Anzahl von Molekeln, welche alle auf der Kugelfläche gleichmässig vertheilt erscheinen.

In den Krystallen von wirteligem Baue ist nur die Anordnung parallel der Hauptebene eine reguläre. Legt man innerhalb dieser Ebene durch irgend eine Molekel einen Kreis, der durch eine andere Molekel geht, so trifft dieser Kreis zugleich mehrere Molekel in gleichen Zwischenräumen. Senkrecht zur Hauptebene herrscht aber eine nicht reguläre Anordnung.

In den Krystallen von einfacherem Baue zeigt sich in keiner Ebene eine reguläre Anordnung.

Die Ursache, welche bewirkt, dass die Molekel zu einander solche Stellungen einnehmen, welche diese oder jene Art der Symmetrie hervorbringen, muss in den Molekeln selbst liegen. Den Molekeln muss daher eine bestimmte innere Structur zugeschrieben werden, der zufolge die anziehenden und abstossenden Kräfte nach bestimmten Richtungen stärker als nach anderen wirken. Ueber diesen inneren Bau der Molekel wird erst in der Folge die Rede sein.

Die Hemiëdrie erscheint nun als eine eigenthümliche Wachsthums- und Ausbildungsweise eines Molekularnetzes, welches bei dem holoëdrischen Krystall dieselbe innere Anordnung hat, wie bei dem entsprechenden hemiëdrischen. Die Anlage zu der hemiëdrischen Ausbildung muss natürlich auch innerhalb der Molekel gesucht werden. Ebenso verhält es sich mit der Hemimorphie.

Ausser den Schriften von Bravais (s. vorn) und Frankenheim (Pogg. Ann. Bd. 97, pag. 337) handeln über die angedeutete Theorie: Sohncke, Entwicklung einer Theorie der Krystallstruktur 1879; Knop, Molekularconstitution und Wachsthum der Krystalle; Brezina, das Wesen der Isomorphie etc. Tschermak's Mineralog. Mittheilungen 1875, pag. 13.

29. Bezeichnungsweise. Die beiden früher bezeichneten Gesetze, nämlich das Gesetz der Symmetrie und das Parametergesetz erlauben jeden Krystall mittels kurzer Ausdrücke zu beschreiben. Zu diesem Zwecke wird vor allem angegeben, welche Art der Symmetrie an dem Krytalle ausgesprochen ist, es wird das Krystallsystem genannt. Zweitens wird in dem Falle, als nicht schon die Symmetrie darüber Aufschluss gibt, angeführt, welche Winkel die Axen bilden. Drittens wird in in dem Falle, als es nicht selbstverständlich ist, das Parameterverhältnis $a:b:c$ angeschrieben. Nunmehr lässt sich jede Fläche, die an dem Krystall auftritt, kurz bezeichnen, indem die Coëfficienten m, n, p namhaft gemacht werden.

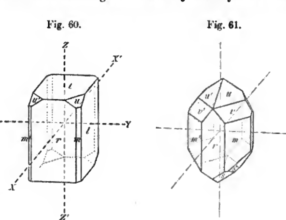


Fig. 60. Fig. 61.

Ein Beispiel ist der Augitkrystall Fig. 60, welcher schon früher betrachtet wurde. Derselbe ist monoklin. Die Axen XX' und ZZ', welche in der Symmetrieebene liegen, bilden vorn den Winkel von 105° 50′ und aus der Symmetrie folgt, dass die Axe YY' mit den beiden vorigen Winkel von 90° einschliesst. Die Fläche u gibt das Parameterverhältnis $a:b:c = 1·0902:1:0·5893$. Nunmehr können die einzelnen Flächen des Krystalls bezeichnet werden, indem ihre Coëfficienten angegeben, und dabei die Buchstaben, welche das Axenverhältnis andeuten, wiederholt werden, also:

$$u = a:b:c \qquad u' = a:-b:c \qquad t = \infty a:\infty b:c$$
$$m = a:b:\infty c \qquad m' = a:-b:\infty c \qquad l = \infty a:b:\infty c$$
$$r = a:\infty b:\infty c.$$

An dem zweiten Augitkrystall hat man ausser diesen Flächen noch:

$v = a:b:2c, \qquad v' = a:-b:2c, \qquad s = a:b:-c, \qquad \zeta = 6a:3b:-8c.$

Will man nicht jede einzelne Fläche für sich, sondern alle gleichen Flächen mit einem Male bezeichnen, so setzt man das Zeichen der einzelnen Fläche in die Klammer. Also bedeutet $(a:b:c)$ die Fläche u, u', und noch die beiden rückwärts liegenden u-Flächen.

$(\infty a:\infty b:c)$ bedeutet die Fläche t sammt der dazu parallelen Fläche auf der Unterseite u. s. f. Statt des Minuszeichens schreibt man rechts neben den Parameter einen Strich, z. B.:

$$a:-b:2c = a:b':2c \text{ oder } a:b:-\tfrac{1}{3}c = a:b:\tfrac{1}{3}c'.$$

Diese Art der Bezeichnung, welcho die Flächen durch Symbole angibt, in denen die Buchstaben vorkommen, welche das Axenverhältnis andeuten und ausserdem die Coëfficienten, rührt von Weiss her. Im Folgenden werden Symbole dieser Art als Parametersymbole oft angeführt.

Eine zweite Art der Bezeichnung ist die von Naumann. Nach dieser werden auch die Coëfficienten geschrieben, jedoch in Verbindung mit einem einzigen Buchstaben, z. B. P, welcher die ganze Form, deren Coëffcienten durchwegs 1 sind, symbolisch ausdrückt; so ist im rhombischen System beispielsweise:

$(a:b:c)$ Weiss $= P$ nach Naumann
$(a:b:3c)$ „ $= 3P$ „ „ u. s. w.

Eine dritte Art der Bezeichnung rührt von Grassmann und Whewell her, sie wird aber gewöhnlich die Miller'sche genannt. Nach derselben wird das Axenverhältnis nicht wiederholt und es werden anstatt der Coëfficienten deren reciproke Werthe geschrieben. Letztere werden allgemein mit h, k, l etc. bezeichnet und Indices genannt. Da nämlich jede Zahl auf die Form $\frac{1}{x}$ gebracht werden kann, so ist auch

$$m:n:p = \frac{1}{h}:\frac{1}{k}:\frac{1}{l}, \text{ und}$$

$$h:k:l = \frac{1}{m}:\frac{1}{n}:\frac{1}{p}.$$

Um die Indices zu erhalten, wird man entweder die Coëfficienten auf die Form $\frac{1}{x}$ bringen und die so erhaltenen drei Nenner als Indices anschreiben, oder man wird statt der Coëfficienten deren reciproke Werthe nehmen, und das entstehende Verhältnis auf ganze Zahlen bringen, welche die Indices darstellen. Das Parameter-Zeichen $2a:2b:3c$ wird also entweder durch Division mit 6 auf die Form $\frac{1}{3}a:\frac{1}{3}b:\frac{1}{2}c$ gebracht, woraus die Indices 332 erhalten werden, oder es werden statt der Coëfficienten 2, 2, 3 deren reciproke Werthe $\frac{1}{2}:\frac{1}{2}:\frac{1}{3}$ genommen, welche nach der Multiplication mit 6 die Indices 332 liefern. Aus $a:b:c$ erhält man die Indices 111, aus $a:b:\infty c$ aber nach der zweiten Methode das Verhältnis $\frac{1}{1}:\frac{1}{1}:\frac{1}{\infty}$, wonach die Indices 110 sind. Aus $a:b:-c$ ergeben sich dem früher Gesagten entsprechend die Indices $11\bar{1}$ indem das Minuszeichen über den betreffenden Index gesetzt wird. Sollen nicht die einzelnen Flächen bezeichnet, sondern alle gleichen Flächen, d. i. soll die vollständige einfache Form durch ein einziges Symbol dargestellt werden, so setzt man die Indices in die Parenthese,

also ist $(a:b:c) = (111)$. Flächen, deren Indices blos aus den Zeichen 1 und 0 bestehen, werden weiterhin als primäre Flächen bezeichnet.

Alle drei Bezeichnungsarten sind in deutschen Werken gebräuchlich. Die Weiss'sche weniger als die Naumann'sche. Letztere hat manche Bequemlichkeit für sich, gestattet jedoch nicht die Angabe einer einzelnen von den gleichen Flächen, und complicirt sich durch verschiedene Anhängsel, deren später gedacht wird. Die Miller'sehe ist für den Anfänger weniger bequem als die vorigen, aber sie gibt für die Rechnung den unmittelbaren Behelf, da man in diesem Fall nicht die Coëfficienten, sondern die Indices anwendet, ferner ist sie durch Kürze und Einfachheit den anderen überlegen und für die Schilderung des Zusammenhanges zwischen der Form und den physikalischen Eigenschaften besonders geeignet.

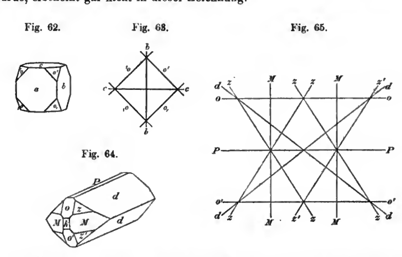
30. Projection. Die Eigenschaften der Krystallformen lassen sich am besten an Modellen studiren, welche die Lage der Flächen mit hinlänglicher Genauigkeit wiederholen, doch können dieselben für Geübtere auch durch gute Zeichnungen ersetzt werden. In diesem Falle sind die Krystalle möglichst ebenmässig, ohne alle Verzerrungen dargestellt und es wird von allen die Form ändernden nebensächlichen Vorkommnissen abgesehen. Häufig ist die Form ausserdem so gezeichnet, dass auch die Kanten der Rückseite ausgezogen sind. Es ist also eigentlich das Netz gezeichnet, welches von den Kanten gebildet wird.

Die Krystallbilder, welche in wissenschaftlichen Werken vorkommen, sind aber nicht so dargestellt, wie die Krystalle wirklich gesehen werden. Sie sind nicht nach den Regeln der gewöhnlichen Perspective entworfen, denn sonst müssten parallele Linien, z. B. die Kanten eines Würfels, welche auf den Beobachter zulaufen, nach der vom Beobachter abgewendeten Richtung convergiren. Auf solche Weise würde der Parallelismus der Kanten, welcher namentlich für die Beurtheilung der Zonenverhältnisse wichtig ist, aufgehoben. Deshalb sind die Krystallbilder nach der Methode der Parallelperspective entworfen. Dieser entsprechend denkt man sich den Krystall vor eine Ebene gestellt, und denkt sich von jedem Eckpunkte des Krystalls auf die letztere senkrechte Linien gefällt. Werden die Fusspunkte derselben durch Linien, welche den Kanten des Krystalls entsprechen, verbunden, so entsteht eine parallel-perspectivische Projection, oder wie man es auch nennt, ein Bild, welches den Krystall aus unendlicher Entfernung gesehen darstellt. Unsere Krystallfiguren sind also parallel-perspectivische Projectionen.

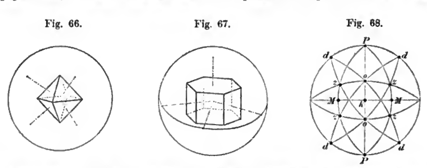
Diese Art der Projection reicht aber nicht aus, um eine vollständige Uebersicht der Zonen eines Krystalls zu liefern oder die Winkelverhältnisse klar zu machen. Zu solchen Zwecken dienen die schematischen Projectionen, deren gegenwärtig zwei in Uebung sind.

Nach der einen werden die Flächen als Linien projicirt. Man denkt sich den Krystall so gestellt, dass eine seiner vorhandenen oder möglichen Flächen, welche man im voraus dazu erwählt hat, der Projectionsebene, d. i. der Papierfläche parallel wird. Hierauf denkt man sich alle Flächen des Krystalls parallel

verschoben, bis sie sämmtlich durch einen, ausserhalb der Projectionsebene liegenden Punkt gehen. Jedes Flächenpaar wird dadurch zu einer einzigen Fläche, und diese Flächen schneiden sodann die Papierfläche in Linien, die ausgezogen werden. Die Fläche, welche der Projectionsebene parallel gestellt wurde, erscheint gar nicht in dieser Zeichnung.


Fig. 62. Fig. 63. Fig. 65. Fig. 64.

Denkt man sich einen Würfel auf eine Ebene projicirt, welche einem seiner Flächenpaare parallel ist, so besteht die Projection aus zwei gegeneinander senkrechten Linien, die Oktaëderflächen *o* liefern vier ein Quadrat umschliessende Linien. Vergl. Fig. 62 und 63. Wird der Barytkrystall, dessen Bild in Fig. 64 gegeben ist, in dieser Weise auf eine Ebene parallel zu *k* projicirt, so wird das


Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68.

Flächenpaar *P* eine horizontale Linie geben, während die Flächen *d* zwei Linien liefern, die sich im Mittelpunkte der Zeichnung kreuzen. Fig. 65. Die Pyramidenflächen *z* geben vier Linien, die vier Durchschnitte liefern. Weil die Fläche *M* in der Zone *zz'* liegt, so geht ihre Projectionslinie durch einen jener Durchschnitte. Das Entsprechende ereignet sich bei den Linien für *o* und *o'*. Man findet bald die Regel heraus, dass bei dieser Art der Projection die Zonen als Durchschnitte von zwei oder mehreren Linien erscheinen.

Digitized by Google

Nach der zweiten Methode, welche eine sphärische Projection ist, werden die Flächen des Krystalls als Punkte projicirt. Der Krystall wird in Mitte einer Kugel gedacht, so dass das Centrum der Kugel innerhalb des Krystalles liegt. Werden hierauf aus dem Centrum gegen die Krystallflächen senkrechte Linien gezogen und diese verlängert, so treffen sie die Kugeloberfläche in Punkten, deren jeder die Lage einer Fläche angibt. Die Fig. 66 gibt das Bild einer Projections-Sphäre, innerhalb welcher ein Oktaëder gedacht ist. Die Bögen zwischen den Projectionspunkten entsprechen den Normalenwinkeln der Flächen (13).

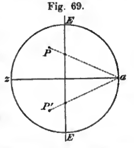
In der Projectionsfigur wird der Krystall selbst nicht gezeichnet, sondern es werden blos die Punkte angegeben, welche nach jener Operation auf der Kugelfläche erscheinen würden. Ist eine Zone vorhanden, wie in Fig. 67, so wird sie deutlich gemacht, indem die bezüglichen Projectionspunkte durch eine Linie verbunden werden, die öfters gekrümmt sein wird. Beim Ausziehen solcher Zonenlinien hat man sich an Folgendes zu erinnern: Die Senkrechten, welche vom Centrum auf die Flächen einer Zone gefällt werden, liegen alle in einer Ebene, die durch das Centrum geht. Eine solche Ebene schneidet aber die Kugel in einem grössten Kreise, folglich ist jede Zonenlinie ein grösster Kreis auf der Kugel der Projection. Für die Anfertigung der Zeichnungen ist es wichtig zu wissen, dass nach der üblichen Methode die gekrümmten Zonenlinien als Kreisstücke erscheinen, folglich mit dem Zirkel dargestellt werden [1]).

Ein Beispiel von dieser Art sphärischer Projectionen ist Fig. 68, welche ebenfalls die Flächen des Krystalles in Fig. 64 zum Gegenstande hat.

Da diese Projectionsmethode für das Studium sehr bequem und übersichtlich und da sie für die Darstellung der Zonenverhältnisse und des Zusammenhanges der Form und der physikalischen Eigenschaften der Krystalle ungemein brauchbar ist, wird dieselbe weiterhin mehrfach angewendet werden.

[1]) Dies rührt daher, weil die Projection nicht etwa das Bild der Kugel aus einer grösseren Entfernung gesehen darstellt, sondern weil sie gleichsam die Innenansicht der Kugel ist, welche sich einem in der Kugelfläche befindlichen Auge darbietet. Die Construction ist nämlich folgende: Auf der Kugelfläche, welche die Flächenpunkte trägt, wird ein Punkt z ausgewählt, welcher den Mittelpunkt der Zeichnung angeben soll. Eine Linie, welche von z durch das Kugelcentrum gezogen wird, trifft die andere Seite der Kugel in a, welches der Augenpunkt der Projection ist. Fig. 69. Denkt man sich nun von a aus Strahlen zu den Flächenpunkten P auf der Kugel gezogen, so wird eine Ebene EE, welche im Kugelcentrum auf az senkrecht steht, von diesen Strahlen in ebensovielen Punkten durchschnitten werden. Das auf der Ebene EE entstehende Bild ist nun unsere Projection, die man gewöhnlich in den Kreis einschliesst, welcher sich aus dem Durchschnitte der Kugel mit jener Ebene EE ergibt und Grundkreis heisst.

Fig. 69.



Den Beweis, dass bei dieser Projection die Zonenlinien als Kreisstücke erscheinen, findet man in Grailich-Miller, Krystallographie, pag. 188; Lang, Krystallographie, pag. 291.

Obgleich für die genaue Ausführung der Zeichnung die angeführte Construction in Betracht kommt, so kann doch der Anfänger davon absehen und so verfahren, als ob die Kugel von aussen gesehen zu zeichnen wäre, wobei die Darstellung der Zonenlinien als Kreisstücke wie eine Erleichterung der Arbeit hingenommen wird.

Digitized by Google

31. Zonenverband. In allen Krystallsystemen mit drei Axen sind die Flächen, welche die einfachsten Parameter haben, und welche hier Primärflächen genannt werden, durch Zonen verbunden, welche sogleich in die Augen fallen, und welche als Primärzonen bezeichnet werden sollen.

Wenn in den beiden Fig. 70 und 71 die mit *o* signirten Flächen die drei Axen in dem Verhältnisse $a:b:c$ schneiden, wenn also

$$o' = a : b : c = 111 \quad 'o = a : b' : c = 1\bar{1}1$$
$$o_, = a : b : c' = 11\bar{1} \quad ,o = a : b' : c' = 1\bar{1}\bar{1}$$

so haben die anderen Flächen die folgenden Parameter:

$$m = a : b : \infty c = 110 \quad p = a : \infty b : c = 101 \quad r = \infty a : b : c = 011$$
$$'m = a : b' : \infty c = 1\bar{1}0 \quad p_, = a : \infty b : c' = 10\bar{1} \quad r_, = \infty a : b : c' = 01\bar{1}$$
$$c = \infty a : \infty b : c = 001 \quad b = \infty a : b : \infty c = 010 \quad a = a : \infty b : \infty c = 100$$

und es ergeben sich folgende Zonen Fig. 72:

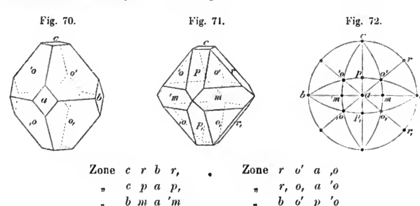


Fig. 70. Fig. 71. Fig. 72.

Zone	*c*	*r*	*b*	*r,*	Zone	*r*	*o'*	*a*	*,o*
„	*c*	*p*	*a*	*p,*	„	*r,*	*o,*	*a*	*'o*
„	*b*	*m*	*a*	*'m*	„	*b*	*o'*	*p*	*'o*
					„	*b*	*o,*	*p,*	*,o*
					„	*c*	*o'*	*m*	*o,*
					„	*c*	*'o*	*'m*	*,o*

Man sieht, dass jede der angeführten Flächen nicht blos in einer einzigen Zone liegt, sondern dass jede zugleich in zwei oder mehreren Zonen liegt, oder wie man auch sagt, in der Durchkreuzung zweier oder mehrerer Zonen. Es ist aber klar, dass in der Durchkreuzung zweier Zonen nur eine einzige Fläche, oder wenn man die Gegenfläche auch berücksichtigt, ein einziges Flächenpaar liegen kann. Demzufolge ist die Lage einer Fläche vollkommen bestimmt, wenn angegeben wird, dass sie in der Durchkreuzung zweier bekannter Zonen liegt.

Eine Zone ist aber bekannt, wenn zwei in derselben liegende Flächen bekannt sind, jedoch darf die zweite nicht die Gegenfläche der ersten sein, denn zwei parallele Flächen geben noch keine Zone. Kennt man also die Lage zweier Flächen, z. B. *a* und *r*, so ist die Zone bekannt, in der sie liegen, kennt man ferner die Lage zweier anderer Flächen, z. B. *c* und *m*, so ist die zweite Zone bekannt und dadurch auch die Lage jener Fläche, welche in dem Durchschnitte beider Zonen liegt, nämlich die Lage von *o'*. Also ist

durch die Zonen	a	r	und	c	m	bestimmt	o'
„ „ „	b	p	„	c	m	„	o'
„ „ „	a	b	„	c	o'	„	m
„ „ „	a	c	„	b	o'	„	p
„ „ „	b	c	„	a	o'	„	r
„ „ „	o'	$,o$	„	$'o$	$o,$	„	a
„ „ „	o'	$'o$	„	$o,$	$,o$	„	b u. s. w.

Ist also die Lage der Endflächen und der Prismenflächen bekannt, so folgt daraus die Lage der zugehörigen Pyramidenflächen, sind aber die zusammengehörigen Pyramidenflächen bekannt, so ist dadurch schon die Lage der zugehörigen Prismenflächen und der Endflächen gegeben u. s. w.

Mittels der sphärischen oder der linearen Projection kann man sich auch den Zonenverband anderer als der angeführten Flächen klar machen.

Sind die Indices zweier Flächen bekannt, z. B. 111 und 123, so erhält man das Zeichen der Zone, in welcher sie liegen, auf eine einfache Weise, indem man jene Indices mit Wiederholung der beiden ersten untereinander schreibt: $\begin{matrix}1 & 1\\1 & 2\end{matrix}\times\begin{matrix}1\\3\end{matrix}\times\begin{matrix}1\\1\end{matrix}\times\begin{matrix}1\\2\end{matrix}$.

Hierauf beginnt man beim zweiten oberen Index und multiplicirt mit dem dritten unteren. Dann bildet man ebenso aus dem dritten oberen und dem zweiten unteren ein Product oder wie man sich kurz ausdrückt, man multiplicirt kreuzweise. Hierauf wird die Differenz beider Producte gewonnen, welche den ersten Index des Zonenzeichens liefert. Dieses Verfahren fortgesetzt, ergibt auch die beiden anderen Indices. Im obigen Beispiele hat man $1 \cdot 3 - 1 \cdot 2 = 1$, $1 \cdot 1 - 1 \cdot 3 = -2$, $1 \cdot 2 - 1 \cdot 1 = 1$, wonach das Zonenzeichen $[1\bar{2}1]$. Aus dem Zeichen der beiden Flächen 201 und 110 würde man das Zonenzeichen $[\bar{1}12]$ erhalten. Die Zonenzeichen erlauben nun die Anwendung der folgenden beiden Regeln:

1. Regel. Eine Fläche $h\,k\,l$, welche in der Zone $[u\,v\,w]$ liegt, erfüllt die Bedingung $hu + kv + lw = 0$. Um also zu erkennen, ob die Fläche 432 in der Zone $[1\bar{2}1]$ liege, bildet man die Summe der drei Producte, nämlich $4 \cdot 1 - 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1$, welche 0 gibt, also die Frage bejaht, während die Frage verneint wird, wenn man prüft, ob die Fläche 112 in jener Zone liege, da man nicht 0, sondern 1 erhält.

Eine andere Anwendung derselben Regel ergibt sich dann, sobald von einer Fläche sicher ist, dass sie in einer bestimmten Zone liege, jedoch die Indices dieser Fläche nicht vollständig bekannt sind. So z. B. würde man für eine Fläche, die in der Zone $[1\bar{2}1]$ liegt und von der man ausserdem weiss, dass sie der X-Axe parallel sei, die Indices $0\,k\,l$ schreiben, und jener Bedingung zufolge $0 - 2k + l = 0$ entwickeln, woraus man $l = 2k$ also die Indices $0, k, 2k$ oder kurz 012 erhalten würde.

2. Regel. Diese besagt, dass man die Indices des Durchschnittspunktes zweier Zonen auf dieselbe Weise erhält, nach der man das Zonenzeichen aus den Flächenindices entwickelt. Wenn man also weiss, dass eine Fläche sowohl in der Zone $[1\bar{2}1]$ als auch in der Zone $[\bar{1}12]$ liege, so erhält man nach dem obigen Verfahren der kreuzweise ausgeführten Multiplication und Subtraction der Producte aus diesen beiden die Indices 531 als Zeichen jener Fläche. Da man sonach für eine in zwei Zonen liegende Fläche stets rationale Indices erhält, so ist eine solche Fläche stets eine mögliche Fläche des Krystalls.

3. Regel. Werden die Indices zweier Flächen bezüglich jeder Axe addirt, so erhält man die Indices einer Fläche, welche die Kante der beiden vorigen abstumpft. Sind die beiden erstgenannten Flächen gleichartig, so hat man die Indices der geraden Abstumpfung d. i. jener Fläche erhalten, welche gegen die beiden vorigen gleich geneigt ist. Demnach hat die Fläche, welche die Kante der beiden gleichartigen Flächen 211 und 121 gerade abstumpft, die Indices 332.

Digitized by Google

Die theoretische Ableitung der Zonenregeln und des hier angegebenen Verfahrens findet sich in den Lehrbüchern der Krystallographie von Karsten, von Lang, Groth; die Berechnung der Indices aus den Krystallwinkeln in C. Klein's Einl. i. d. Krystallberechnung.

32. Triklines System [1]). Die Krystalle dieser Abtheilung zeigen keinerlei Symmetrie. Demzufolge ist mit jeder beobachteten Fläche blos diejenige gleich, welche mit ihr parallel ist, aber keine fernere. Der Krystall ist also nur von Flächenpaaren begrenzt, welche in ihrem Auftreten von einander unabhängig sind. Zu jeder vorhandenen Fläche gehört somit blos eine zweite, nämlich die Gegenfläche.

Werden von den vorhandenen oder möglichen Flächen eines triklinen Krystalles drei als Endflächen genommen, so liefern ihre Durchnittslinien die Richtungen der drei Axen, welche mit einander durchwegs schiefe Winkel

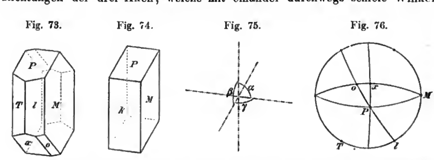


Fig. 73. Fig. 74. Fig. 75. Fig. 76.

bilden. Man pflegt den Winkel zwischen der aufrechten und der querliegenden Axe mit α, jenen zwischen der aufrechten und der längsliegenden mit β, endlich den zwischen der querliegenden und längsliegenden mit γ zn bezeichnen.

Die Axen sind ungleich. Das Axenverhältnis $a:b:c$ wird gewöhnlich so angegeben, dass $b = 1$ gesetzt wird.

An dem Albitkrystall, Fig. 73, kann man die Flächen P und M als Endflächen annehmen, obenso eine dritte Fläche k, welche in der Zone Px und zugleich in der Zone TlM liegt, also eine mögliche Fläche ist. Fig. 74 gibt die Combination dieser drei Flächen und damit die Axenrichtungen an. In Fig. 75 sind die Axen für sich gezeichnet. Anstatt von der Annahme der Endflächen auszugehen, hätte man auch geradezu die Kante zwischen P und M, welche als $P:M$ bezeichnet werden soll, für die Richtung der ersten Axe, die Kante $P:x$ für die Richtung der zweiten und $l:M$ für die der dritten Axe benützen können. Bei der Aufstellung ist es praktisch, dem Vorschlago Naumann's zu folgen und alle Krystalle dieses Systemes so zu stellen, dass auf die Qner-Axe der längere Parameter fällt, also $b > a$ wird.

Die Flächen bedürfen ausser der allgemeinen Nomenclatur (22) keiner besonderen Namen, da ihre Bezeichnung durch die Parameter oder Indices voll-

[1]) Ein- und eingliedriges System nach Weiss, anorthotypes System nach Mohs, anorthisches System nach Haidinger, triklinoëdrisches oder triklinisches System nach Naumann, asymmetrisches System nach Groth.

ständig genügt. Naumann hat jedoch eine complicirte Nomenclatur angegeben, indem er, dem historischen Entwicklungsgange der Krystallographie entsprechend, bei den Krystallen der geringeren Symmetriegrade die rhombischen als den Typus hinstellte und die monoklinen und die triklinen Formen so benannte, als ob sie eine Hemiëdrie und eine Tetartoëdrie der rhombischen Formen darstellten.

Demgemäss naunte er die Flächenpaare, welche als Pyramidenflächen erscheinen, Viertelpyramiden und machte ihre Lage dadurch kenntlich, dass er in seinem Symbol dem Buchstaben P Striche anhing. Dabei wurden solche Pyramidenflächen, welche einer nach der a-Axe gestreckten Pyramide entsprechen, Brachypyramiden genannt und ihre Symbole durch ein Kürzezeichen ⌣ kennt, lich gemacht, welches andeutet, dass der hinter P stehende Coëfficient sich auf die a-Axe bezieht. Jene Pyramidenflächen hingegen, welche einer zur b-Axe gestreckten Pyramide entsprechen, wurden Makropyramiden genannt und ihr Symbol wurde entsprechend mit einem Längszeichen — versehen. Die Flächenpaare, welche zu den Prismenflächen gehören, wurden Hemiprismen und Hemidomen genannt und in ihren Symbolen wurde durch ⌣ oder — angedeutet, dass der Coëfficient ∞ nach dem P sich auf die a-Axe, respective auf die b-Axe beziehe. Das entsprechende Verfahren wurde bei den Endflächen beobachtet.

Die folgenden Beispiele werden diese Bezeichnungsweise klarstellen, wobei sich die Flächenbuchstaben auf die Figuren 70 und 71 beziehen, unter welchen man sich im Augenblicke trikline Krystalle vorzustellen hat. Die Miller'sche Bezeichnung geht der Naumann'schen voran.

Rechte obere Viertelpyramide	$o' = (111) = P$
„ untere „	$o, = (11\bar{1}) = P,$
Linke obere „	$'o = (1\bar{1}1) = 'P$
„ untere „	$,o = (1\bar{1}\bar{1}) = ,P$
Eine Brachypyramide rechts oben	$(133) = \breve{P}'3$
„ Makropyramide links oben	$(2\bar{1}2) = '\bar{P}2$
Rechtes Hemiprisma	$m = (110) = \infty P'$
Linkes „	$'m = (1\bar{1}0) = \infty' P$
Oberes Makrodoma	$p = (101) = '\bar{P}'\infty$
Unteres „	$p, = (10\bar{1}) = ,\bar{P},\infty$
Rechtes Brachydoma	$r = (011) = ,\breve{P}'\infty$
Linkes „	$r, = (01\bar{1}) = '\breve{P},\infty$
Makropinakoid	$a = (100) = \infty P \infty$
Brachypinakoid	$b = (010) = \infty \breve{P} \infty$
Basisches Pinakoid	$c = (001) = 0 P$

An dem Albit, Fig. 73, pflegt man, wie dies vorhin geschah, die Flächen P und M, nach welchen der Krystall spaltbar ist, als Endflächen zu nehmen, ferner l und T als primäre Prismenflächen. Nimmt man überdies x als eine primäre Prismenfläche, so ergibt sich aus den Zonen Mox und Plo, dass o die zugehörige Pyramidenfläche, also:

$P = \infty a : \infty b : c = 001$, $M = \infty a : b : \infty c = 010$, $l = a : b : \infty c = 110$, $T = a : b' : \infty c = 1\bar{1}0$, $o = a : b : c' = 11\bar{1}$, $x = a : \infty b : c' = 10\bar{1}$.

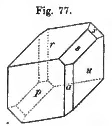


Fig. 77.

Die Fig. 76 gibt die sphärische Projection dieses Albitkrystalls, wenn derselbe von oben betrachtet wird, wonach die Flächen T, l, M, in die Randzone fallen.

An dem Axinitkrystall in Fig. 77 kann man $p = a : b' : \infty c = 1\bar{1}0$, $u = a : b : \infty c = 110$, also beide Flächen als die primären aufrechten Prismenflächen nehmen, ferner $r = a : b' : c = 1\bar{1}1$ und $x = a : b : c = 111$; nnd es ergibt sich $s = a : \infty b : 2c = 201$ und $a = a : \infty b : \infty c = 100$.

33. Monoklines System[1]. Die Krystalle dieses Systemes gehorchen dem Gesetze der einfachsten Symmetrie. Man kann sich in jedem derselben eine Ebene denken, zu welcher die Flächen der einen Seite ebenso gelagert sind, wie die Flächen der anderen Seite. Es gibt aber keine weitere solche Ebene. Demzufolge kommen an diesen Krystallen sowohl Flächenpaare, als auch vierzählige Flächencomplexe vor.

A) Endflächenpaare. Eine Fläche, welche zur Symmetrieebene parallel ist sammt ihrer Gegenfläche, erfüllen bereits die Forderung der Symmetrie. Sie bilden das Längsflächenpaar[2].

Jede Fläche, welche zur Symmetrieebene senkrecht ist, bildet mit ihr zu beiden Seiten gleiche Winkel und befriedigt die Symmetrie. Eine solche Fläche bringt blos ihre Gegenfläche mit sich, tritt also auch nur als Flächenpaar auf. Hierher gehören: die Querfläche und die Endfläche.

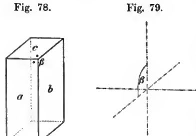


Fig. 78. Fig. 79.

B) Prismenflächen. Die Flächen der querliegenden Prismen sind senkrecht zur Symmetrieebene, daher treten sie auch nur als einzelne Flächenpaare auf.

Das aufrechte Prisma und das Längsprisma sind vierflächig, denn jede Fläche, welche gegen die Symmetrieebene schief liegt, muss von einer zweiten begleitet sein, welche anf der anderen Seite der Symmetrieebene die entsprechende Lage einnimmt. Jede dieser beiden Flächen führt aber auch ihre Gegenfläche mit sich.

[1]) Zwei- und eingliedriges System nach Weiss, hemiorthotypes System nach Mohs, augitisches System nach Haidinger, monoklinoëdrisches oder monoklinisches System nach Naumann, monosymmetrisches System nach Groth.

[2]) Während die zur Symmetrieebene senkrechten Flächen monosymmetrisch, die anderen asymmetrisch sind, besitzt die Längsfläche eine Regelmässigkeit des Umrisses, welche man Antimetrie nennen kann. Werden nämlich in dieser Fläche durch ihren Mittelpunkt Linien in beliebiger Richtung gelegt, so trifft jede derselben zu beiden Seiten jenes Punktes gleiche Stücke (Kanten, Ecken) in gleicher Weise.

C) Pyramidenflächen. Jede Pyramidenfläche tritt viermal auf, weil sie ebenfalls zur Symmetrieebene schief liegt.

Die drei Endflächenpaare geben wiederum die Lage der Axen an. Werden diese Flächen in Combination gedacht, so geben sie eine Form wie in Fig. 78. Die Symmetrieebene ist parallel *b* hineinzudenken. Die ebenen Winkel, welche durch hineingesetzte Punkte bezeichnet sind, müssen rechte sein, weil die zwischen ihnen liegende Kante zur Symmetrieebene senkrecht ist. Dagegen bleibt der Winkel β wie im vorigen Krystallsystem ein schiefer. Sonach bilden von den drei Axen Fig. 79 die aufrechte mit der auf den Beobachter zulaufenden einen schiefen Winkel β, während die übrigen Winkel, nämlich α und γ rechte sind. Man pflegt die Krystalle so zu stellen, dass die auf den Beobachter zulaufende Axe gegen diesen geneigt ist, also der in der Figur oben liegende Winkel β ein stumpfer ist. Die querliegende Axe wird auch Symmetrie-

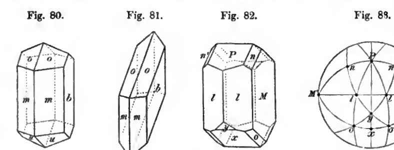


Fig. 80. Fig. 81. Fig. 82. Fig. 83.

axe oder Orthodiagonale, die geneigte Klinodiagonale genannt. Die drei Axen sind von ungleicher Länge, ihr Verhältnis $a:b:c$ wird gewöhnlich so dargestellt, dass $b = 1$.

An dem Gypskrystall in Fig. 80 ist *b* die Längsfläche, die, wie gesagt, parallel der Symmetrieebene. Nimmt man die Flächen *m* als aufrechtes Prisma und die Flächen *o* als primäre Pyramidenflächen, so ergibt sich aus der Zone *omu*, dass man die Flächen *u* als primäre Pyramidenflächen wählen darf, wonach $b = (\infty a:b:\infty c) = (010)$, $m = (a:b:\infty c) = (110)$, $o = (a:b:c) = (111)$, $u = (a:b:c') = (11\bar{1})$.

Um die Richtungen der Axen zu erhalten, geht man von der Fläche *b*, ferner von der möglichen Fläche *a* aus, welche die Kante $m:m$ gleichförmig abstumpfen würde, endlich von der möglichen Fläche *c*, die den Kanten $m:o$ und $m:u$ parallel ist. Vergl. Fig. 71.

Der Gypskrystall, Fig. 81, zeigt blos die oberen Pyramidenflächen *o* und sonst keine Pyramidenflächen.

Der Orthoklaskrystall, Fig. 82, hat die Fläche *M* parallel zur Symmetrieebene, ferner die Flächen *P*, *y* und *x* senkrecht zur Symmetrieebene. Unter diesen pflegt man *P* als Endfläche zu nehmen, weil zu dieser parallel eine vollkommene Spaltbarkeit beobachtet wird. Wird nun *l* als aufrechtes Prisma betrachtet,

so ergibt sich aus der Zone Plo, dass man o als primäre Pyramide nehmen darf. Zu dieser gehört x als querliegende Prismenfläche, während y eine andere querliegende Prismenfläche und n ein Längsprisma sind, deren Bezeichnung durch Zonen ermittelt werden kann, wonach:

$$M = (010),\ l = (110),\ o = (11\bar{1}),\ x = (10\bar{1}),\ y = (20\bar{1}),\ n = (021).$$

Die Fig. 83 zeigt die sphärische Projection der Flächen desselben Krystalls. Die Symmetrieebene erscheint gegen den Beobachter gerichtet und schneidet die Sphäre in der Linie Px, welche zugleich die Zone darstellt, in welcher die Endfläche und die querliegenden Prismenflächen ihre Normalen haben. Zu beiden Seiten dieser Linie herrscht also auch in der Projection Symmetrie. Werden jene erkennbaren Zonen, in welchen mehr als zwei Flächenpaare liegen, ausgezogen, so hat man die Zonen MnP, ferner Ml und Mox, welche alle auf der Symmetrieebene senkrecht sind, ferner die Zonen Plo, welche einander gleich sind, endlich nly u. s. f.

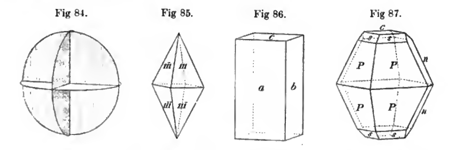
Nach Naumann werden die vierflächigen Complexe, welche aus Pyramidenflächen bestehen, Hemipyramiden genannt, und zwar heissen die vier Flächen, welche im stumpfen Winkel der schiefen Axe liegen, nämlich $(a:b:c) = (111)$, die negative, die Flächen $(a:b:c') = (11\bar{1})$, welche im spitzen Winkel liegen, die positive Hemipyramide. An dem Gypskrystall Fig. 80 ist demnach u die positive, o die negative Hemipyramide. Das Längsprisma wird Klinoprisma oder Klinodoma genannt, während die querliegenden Prismen-Flächenpaare als Orthoprisma oder Orthodoma bezeichnet und als negatives Hemidoma, z. B. (101), und als positives Hemidoma, z. B. $(10\bar{1})$, unterschieden werden. Die Querfläche heisst Orthopinakoid, die Längsfläche Klinopinakoid, die Endfläche basisches Pinakoid. Ausserdem werden noch die nach der querliegenden Axe gestreckten Pyramiden als Orthopyramiden von denen unterschieden, welche nach der geneigten Axe gestreckt sind und Klinopyramiden heissen. Bei der Bezeichnung wird, falls die Zahl hinter dem P sich auf die Queraxe bezieht, durch das P ein horizontaler Strich gezogen, falls sie sich auf die Längsaxe bezieht, ein geneigter Strich.

Beispiele sind:

Positive Hemipyramide	$(a:b:c') = (11\bar{1}) = P$
Negative Hemipyramide	$(a:b:c) = (111) = -P$
Positive Hemipyramide	$(a:b:3c') = (33\bar{1}) = 3P$
Positive Orthopyramide	$(a:2b:c') = (21\bar{2}) = P2$
Negative Klinopyramide	$(2a:b:c) = (122) = -P2$
Prisma	$(a:b:\infty c) = (110) = \infty P$
Klinodoma	$(\infty a:b:c) = (011) = P\infty$
Positives Orthodoma	$(a:\infty b:c') = (10\bar{1}) = P\infty$
Negatives Orthodoma	$(a:\infty b:c) = (101) = -P\infty$
Negatives Orthodoma	$(a:\infty b:2c) = (201) = -2P\infty$
Orthopinakoid	$(a:\infty b:\infty c) = (100) = \infty P\infty$
Klinopinakoid	$(\infty a:b:\infty c) = (010) = \infty P\infty$
Basisches Pinakoid	$(\infty a:\infty b:c) = (001) = 0P$

34. Rhombisches System[1]. Die hierher gehörigen Formen entsprechen der Existenz dreier Symmetrieebenen, welche von einander verschieden und gegen einander senkrecht sind. Diese theilen den Raum in acht gleiche Theile, Octanten, welche von einander blos durch die Lage verschieden sind. Die Fig. 84 stellt die drei Hauptschnitte in der Gestalt von Scheiben dar. Der genannten Symmetrie entsprechend, gibt es in diesem Systeme sowohl achtflächige, als auch vierflächige Complexe, endlich Flächenpaare.

A) Endflächenpaare. Eine Fläche, die einem der drei Hauptschnitte parallel ist, liegt zugleich senkrecht gegen die beiden anderen Hauptschnitte, bildet also zu beiden Seiten der letzteren gleiche Winkel. Sie erfüllt also im Vereine mit ihrer Gegenfläche die Forderung der Symmetrie. Da die Hauptschnitte von verschiedenem Charakter sind, so gibt es auch drei verschiedene Flächenpaare dieser Art, welche wiederum als Quer-, Längs- und Endflächenpaar bezeichnet werden.



B) Prismenflächen. Jede Fläche, welche zu einem Hauptschnitt senkrecht, gegen die beiden anderen Hauptschnitte aber geneigt ist, erfüllt zwar die Symmetrie bezüglich der ersteren Ebene, die zwei anderen Ebenen aber erfordern ein viermaliges Auftreten einer solchen Fläche. Hierher gehört das aufrechte Prisma, sowie das Längsprisma und Querprisma.

C) Pyramidenflächen. Die drei Symmetrieebenen, welche auf einander senkrecht sind, theilen den Raum um ihren gemeinschaftlichen Schnittpunkt in acht gleiche Theile, welche sich nur durch die Stellung von einander unterscheiden. Eine Fläche, die gegen die drei Symmetrieebenen geneigt ist, fällt in einen dieser Octanten, oder richtiger gesagt, ihre Normale fällt in einen dieser Octanten. Die Fläche muss sich daher in jedem der Octanten wiederholen, wird also achtmal auftreten. Diese achtflächige Form, welche Pyramide genannt wird, ist die erste Gestalt, welche, aus gleichen Flächen bestehend, einen Raum vollkommen umschliesst. Sie ist eine geschlossene Form, wie man sich ausdrückt. Fig. 85.

Die drei Endflächenpaare geben die Lage der Axen an. Werden sie in Combination gedacht, so entsteht eine Form wie in Fig. 86. Die Symmetrie

[1] Ein- und einaxiges System nach Weiss, orthotypes oder prismatisches System nach Mohs, anisometrisches System nach Hausmann.



fordert, dass die Winkel zwischen den Kanten dieser Form einander alle gleich, dass sie also rechte Winkel seien. Die drei Axen sind also rechtwinkelig, es ist $\alpha = \beta = \gamma = 90^0$. Die Axenlängen sind ungleich, ihr Verhältnis $a:b:c$ wird gewöhnlich so berechnet, dass $b = 1$.

An dem Schwefelkrystall in Fig. 87 hat man, wofern P als primäre Pyramidenflächen genommen, also $P = (a:b:c) = (111) = P$ gesetzt wird, $n = (\infty a:b:c) = (011) = \breve{P}\infty$ und $c = (\infty a:\infty b:c) = (001) = 0P$, und es ergibt sich aus der Messung $s = (a:b:\frac{1}{3}c) = (113) = \frac{1}{3}P$, also eine stumpfere Pyramide.

An dem Barytkrystall in Fig. 88 kann man $M = (a:b:\infty c) = (110) = \infty P$, ferner $o = (a:\infty b:c) = (101) = \bar{P}\infty$ annehmen, woraus folgt, dass k die Querfläche, P die Endfläche, z die primäre Pyramide, also $z = (a:b:c) = (111) = P$ sei, und es ergibt sich aus Zonen $d = (\infty a:2b:c) = (012) = \frac{1}{2}\breve{P}\infty$. Die Projection dieser Formen gibt Fig. 89.

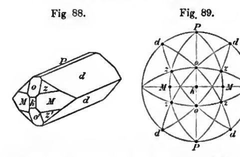


Fig 88. Fig. 89.

Bei der Aufstellung der Krystalle verfährt man nach Naumann in der Art, dass von den beiden horizontalen Axen die mit dem längeren Grundparameter (oder die längere Axe, wie man kurz zu sagen pflegt) quer gestellt wird. In der Nomenclatur stimmt sodann alles mit der hier gebrauchten überein, doch werden ausserdem die Bezeichnungen Makrodoma und Brachydoma, Makropyramide, Brachypyramide gebraucht. Dies zeigen folgende Beispiele:

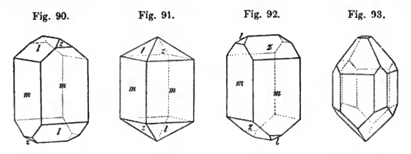
Pyramide	$(a:b:c)$	$= (111)$	$= P$
Pyramide	$(a:b:\frac{1}{2}c)$	$= (112)$	$= \frac{1}{2}P$
Brachypyramide	$(2a:b:c)$	$= (122)$	$= \breve{P}2$
Makropyramide	$(a:2b:2c)$	$= (211)$	$= 2\bar{P}2$
Brachydoma	$(\infty a:b:2c)$	$= (021)$	$= 2\breve{P}\infty$
Makrodoma	$(a:\infty b:c)$	$= (101)$	$= \bar{P}\infty$
Prisma	$(a:b:\infty c)$	$= (110)$	$= \infty P$
Brachypinakoid	$(\infty a:b:\infty c)$	$= (010)$	$= \infty\breve{P}\infty$
Makropinakoid	$(a:\infty b:\infty c)$	$= (100)$	$= \infty\bar{P}\infty$
Basisch. Pinakoid	$(\infty a:\infty b:c)$	$= (001)$	$= 0P$

35. Hemiëdrische und hemimorphe Abtheilung. In unserer Reihenfolge ist das rhombische System das erste, welches eine hemiëdrische Abtheilung besitzt. In den Krystallen, welche dahin gehören, verhalten sich die acht Octanten blos abwechselnd gleich. Um zu erfahren, welche Formen daraus entstehen, hat man blos die Lage der Flächennormalen zu berücksichtigen. Liegt eine Normale in einem Hauptschnitt (Fig. 84), so liegt sie zugleich in dem einen und in dem benachbarten Octanten; eine Verschiedenheit dieser beiden Octanten hat daher auf sie keinen Einfluss und das Auftreten der Fläche,

welche zu dieser Normalen gehört, folgt demselben Gesetze, wie in der holoëdrischen Abtheilung. Demgemäss kommen in der hemiëdrischen Abtheilung alle Endflächen und alle Prismenflächen in gleicher Zahl vor, wie an den holoëdrischen Krystallen. Liegt aber die Normale nicht in einem Hauptschnitt, sondern im Octantenraume, so wird die Normale im benachbarten Octanten, welche im holoëdrischen Krystall mit ihr gleichartig wäre, jetzt von ihr verschieden sein. Demgemäss werden in der hemiëdrischen Abtheilung von den Pyramidenflächen stets nur die abwechselnden vier einander gleich oder zugleich vorhanden sein.

Ein Beispiel liefern die Krystalle des Bittersalzes, Fig. 90, 91, 92, welche ausser dem aufrechten Prisma noch die Pyramidenflächen *l* und *z* tragen.

An manchen sind die vier Flächen *z* klein, wie in der ersten Figur, oder sie fehlen auch ganz. An vielen sind wiederum die vier Flächen *l* nur klein, wie



in der dritten Figur, oder sie fehlen. Es kommen aber auch scheinbar holoëdrische Krystalle vor, wie ein solcher in der zweiten Figur. Die erste Krystallform verhält sich zu der dritten wie die linke Hand zur rechten, die beiden Formen sind, wie man mit Naumann sagt, e n a n t i o m o r p h.

An einzelnen rhombischen Mineralen zeigt sich eine h e m i m o r p h e Ausbildung, indem die Krystalle an dem einen Ende andere Flächen zeigen, als an dem entgegengesetzten. Demnach verhält sich hier eine der drei Symmetrieebenen gleichsam einseitig, und die dazu senkrechte Axe polar. Ein Beispiel ist der Krystall von Kieselgalmei in Fig. 93, welcher oben von der Endfläche, von Quer- und Längsdoma begrenzt ist, während er unten die Flächen einer Pyramide darbietet.

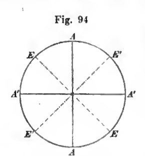
36. Tetragonales System [1]). Die Regelmässigkeit des Baues dieser Krystalle wird durch fünf Symmetrieebenen beherrscht, von welchen vier paarweise gleich sind, während die fünfte, die Haupt-Symmetrieebene, von jenen verschieden ist. Setzt man die letztere in die Ebene des Papieres und begrenzt sie durch einen Kreis wie in Fig. 94, so erscheinen jene vier Ebenen zu Linien verkürzt. Die Ebene AA ist gleich der dazu senkrechten $A'A'$ und ebenso ist die Ebene EE

[1]) Viergliedriges System, oder zwei- und einaxiges System nach Weiss, pyramidales System nach Mohs, monodimetrisches System nach Hansmann, tetragonales System nach Naumann, quadratisches System nach anderen Autoren.

gleich der dazu senkrechten $E'E'$. Gegenüber dem vorigen System besteht also der Unterschied, dass erstens zwei Hauptschnitte gleich sind, und das zweitens in diagonaler Stellung zu diesen noch zwei neue gleiche Hauptschnitte hinzukommen. So wird der Raum in sechzehn gleiche Theile getheilt

Die vier Ebenen, welche paarweise gleich sind, schneiden sich in einer Linie, welche auf der Haupt-Symmetrieebene senkrecht ist und Hauptaxe genannt wird. Die Krystalle werden gewöhnlich so gestellt, dass diese aufrecht zu stehen kommt. Die beiden anderen Axen ergeben sich aus den Durchschnitten zweier von den anderen Ebenen, nämlich AA und $A'A'$ mit der Haupt-Symmetrieebene. Die Axen sind demnach senkrecht aufeinander, wie im rhombischen System, aber die beiden horizontalen Axen sind einander gleich. Das Axenverhältnis ist $a:a:c$, was man auch $1:1:\frac{c}{a}$ schreibt.

Fig. 94

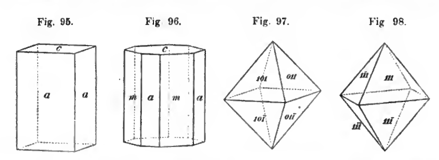


Die Flächencomplexe, welche hier vorkommen, sind entweder ein Flächenpaar oder sie bestehen aus vier, acht oder aus sechzehn Flächen.

A) Endflächen. Eine Fläche, die zur Hauptebene parallel ist, genügt im Vereine mit ihrer Gegenfläche den Forderungen der Symmetrie. Somit ergibt sich das Endflächenpaar $(\infty a:\infty a:c) = (001) = 0P$, welches zur Hauptaxe senkrecht ist. Dasselbe wird auch Pinakoid oder Basis genannt.

Die Querfläche und Längsfläche sind den Hauptschnitten AA und $A'A'$ parallel, welche untereinander gleich sind. Daher treten jene Flächen gleichzeitig

Fig. 95. Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98.



auf und geben ein vierflächiges Prisma, welches gewöhnlich das verwendete Prisma heisst und dessen Bezeichnung $(a:\infty a:\infty c) = (100) = \infty P\infty$ ist.

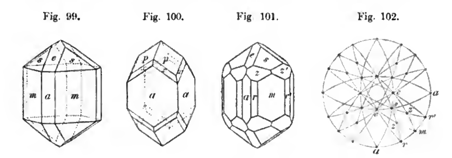
Die Combination dieses Prisma mit den Endflächen erscheint in Fig. 95.

B) Prismenflächen. Die Flächen des aufrechten Prisma können so liegen, dass sie einem Hauptschnitt E parallel sind, dann entsteht ein vierflächiger Complex, das Prisma schlechtweg genannt, dessen Flächen die horizontalen Axen in gleichen Entfernungen schneiden, wonach die Bezeichnung $(a:a:\infty c) = (110) = \infty P$ wird. Fig. 96 zeigt die Combination des Prisma m mit dem verwendeten Prisma a und der Basis c.

Der Querschnitt des Prisma und der des verwendeten Prisma verhalten sich wie das Quadrat zu dem umschriebenen Quadrate, welches gegen das vorige um 45° verwendet erscheint.

Wenn die Fläche des aufrechten Prisma nicht parallel zu E ist, so muss sich dieselbe achtmal wiederholen, weil jeder der acht gleichen Räume zwischen den Hauptschnitten A und E eine solche Fläche fordert. Dies gibt ein achtseitiges Prisma, dessen Flächen die horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen treffen: $(ma:na:\infty c) = (hk0) = \infty Pr$, worin $r = \frac{m}{n}$ ist.

Die Flächen des Querprisma und jene des Längsprisma sind senkrecht zu den gleichen Hauptschnitten AA und $A'A'$, daher werden alle diese Flächen zugleich auftreten und eine achtflächige geschlossene Form geben, welche die verwendete Pyramide genannt wird. Ein Beispiel ist in Fig. 97 dargestellt Die Be-



zeichnung ist $(a:\infty a:c) = (101) = P\infty$ für die primäre Form, doch können auch andere verwendete Pyramiden auftreten, deren Flächen die eine horizontale Axe und die verticale Axe in einem anderen Verhältnisse als $a:c$ schneiden, so dass die allgemeine Bezeichnung für alle verwendeten Pyramiden $(a:\infty a:mc) = (h0l) = mP\infty$ sein wird.

C) Pyramidenflächen. Eine Pyramidenfläche, welche gegen die Hauptschnitte AA und $A'A'$ gleich geneigt ist, wird in jedem Octanten blos einmal auftreten, weil sie zu dem Hauptschnitte E senkrecht ist. Jede solche Fläche schneidet die beiden horizontalen Axen in gleichen Entfernungen. Die aus acht solchen Flächen bestehende geschlossene Form heisst Pyramide schlechtweg und die Bezeichnung ist $(a:a:c) = (111) = P$ für die primäre, hingegen $(a:a:mc) = (hhl) = mP$ für alle stumpferen und spitzeren Pyramiden. In Fig. 98 ist eine Pyramide dargestellt, während in Fig. 99 die am Zinnerz vorkommende Combination der Pyramide $s = (111)$ mit der verwendeten Pyramido $e = (101)$, dem Prisma $m = (110)$ und dem verwendeten Prisma $a = (100)$ darstellt.

Pyramidenflächen, welche gegen die Hauptschnitte AA und $A'A'$ ungleich geneigt sind, erscheinen auch gegen die zwei anderen Hauptschnitte E ungleich geneigt, folglich wird eine jede solche Fläche in jedem Octanten zweimal, im Ganzen also sechzehnmal auftreten, was auf die geschlossene Form einer achtseitigen Pyramide führt, deren allgemeine Bezeichnung $(ma:na:pc) = (hkl)$

$= uPv$ ist, weil ihre Flächen die horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen schneiden.

In Fig. 100 ist eine Combination des Zirkons abgebildet, in welcher die Pyramide $p = (111)$ das verwendete Prisma $a = (100)$, ferner die achtseitige Pyramide $x = (\frac{1}{3}a : a : c) = (311) = 3P3$.

Die Combination am Zinnerz, Fig. 101, zeigt ausser dem Prisma $m = (110)$, der Pyramide $s = (1\dot{1}1)$ und der verwendeten Pyramide $e = (101)$ noch die achtseitige Pyramide $z = (\frac{1}{3}a : \frac{1}{2}a : c) = (321) = 3P\frac{3}{2}$ und das achtseitige Prisma $r = (\frac{1}{2}a : a : \infty c) = (210) = \infty P2$. Die Fig. 102 gibt die sphärische Projection.

Die Naumann'sche Nomenclatur der Krystallformen wird aus den folgenden Beispielen genügend klar werden:

Achtseitige oder ditetragonale Pyramide	$(\frac{1}{3}a : \frac{1}{2}a : c) = (321) = 3P\frac{3}{2}$
Achtseitiges oder ditetragonales Prisma	$(\frac{1}{3}a : \frac{1}{2}a : \infty c) = (320) = \infty P\frac{3}{2}$
Pyramide erster Art oder Protopyramide	$(a : a : \frac{1}{2}c) = (112) = \frac{1}{2}P$
Pyramide erster Art	$(a : a : c) = (111) = P$
Prisma erster Art oder Protoprisma	$(a : a : \infty c) = (110) = \infty P$
Pyramide zweiter Art, verwendete Pyr. oder Deuteropyramide	$(a : \infty a : c) = (101) = P\infty$
Prisma zweiter Art, verwendetes Pr. oder Deuteroprisma	$(a : \infty a : \infty c) = (100) = \infty P\infty$
Pinakoid oder Basis	$(\infty a : \infty a : c) = (001) = 0P$

37. Hemiëdrie. Zu dem tetragonalen Systeme zählen auch zwei hemiëdrische Abtheilungen, deren eine die sphenoidische, die andere die pyramidale Hemiëdrie genannt wird.

Die sphenoidische Hemiëdrie entspricht vollkommen der beim rhombischen System erwähnten hemiëdrischen Abtheilung, indem auch hier die Octanten blos abwechselnd gleich erscheinen. Die acht Räume, welche durch die beiden Ebenen A und durch die Hauptebene gebildet werden, Fig. 94, sind also blos zu vieren einander gleich, deren Lage zu den anderen vier eine abwechselnde ist. Werden die ersten vier als positiv bezeichnet, so sind die anderen vier als negativ zu bezeichnen. Um zu erfahren, welche Formen in dieser Abtheilung auftreten, denkt man wiederum an die Lage der Flächennormalen. Liegt die Normale einer Fläche in einem der drei genannten Hauptschnitte (nämlich zwei Hauptschnitte A und die Hauptebene), so gehört sie sowohl dem positiven als auch dem benachbarten negativen Octanten an, und die Verschiedenheit dieser Octanten hebt sich auf. Die Formen, welche zu einer solchen Normalen gehören, treten daher mit derselben

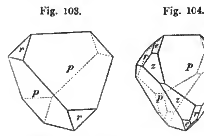


Fig. 103. Fig. 104.

Flächenzahl auf, wie in der holoëdrischen Abtheilung. Daher gehören in den Bereich der sphenoidischen Formen: das Pinakoid, das Prisma, das verwendete Prisma, das ditetragonale Prisma und die verwendete Pyramide.

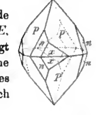
Liegt die Normale nicht in einem der drei genannten Hauptschnitte, sondern im Octantenraume, so wird die Wirkung der Verschiedenheit der abwechselnden Octanten eintreten. Von den Flächen der Pyramide erster Art sind daher jetzt blos vier einander gleich und bilden das positive Sphenoid, die vier anderen das negative. Von den Flächen der ditetragonalen Pyramide sind diejenigen unter einander gleich, welche in den positiven Octanten liegen. Sie bilden das positive tetragonale Skalenoëder. Die anderen acht geben das negative tetragonale Skalenoëder.

Miller bezeichnet die hemiëdrischen Formen dieser Abtheilung durch Vorsetzung eines ϰ vor das Symbol der entsprechenden holoëdrischen Form. ϰ (111) ist also ein positives Sphenoid, ϰ (1$\bar{1}$3) ein negatives Sphenoid etc. Naumann schreibt $\frac{P}{2}$ und $-\frac{\frac{1}{3}P}{2}$ etc. Dieses ϰ sollte aber in allen Zeichen der hemiëdrischen Formen wiederkehren, obwohl dies nach Miller nicht geschieht. Sonach würde ϰ (110) das hemiëdrische Prisma bezeichnen, welches wohl geometrisch, aber nicht physikalisch dem Prisma (110) gleich ist.

An dem Kupferkieskrystall, Fig. 103, hat man die Combination ϰ (111) und ϰ (1$\bar{1}$1), also die beiden primären Sphenoide p und r, wogegen an dem in Fig. 104 abgebildeten Krystall desselben Minerals ausserdem noch die verwendete Pyramide e = ϰ (101) und eine andere verwendete Pyramide z = ϰ (201) auftreten.

38. Die **pyramidale** Hemiëdrie umfasst solche Krystalle, in welchen die acht Räume zwischen den Hauptschnitten A und E blos abwechselnd gleich sind (s. Fig. 94). Wenn auch hier wiederum die Lage der Flächennormalen berücksichtigt wird, so ergibt sich, dass an allen Formen, deren Normalen in die Hauptschnitte A und E fallen, keine abwechselnde Verschiedenheit der Flächen eintreten wird. Daher werden in dieser Abtheilung auftreten: das Pinakoid, die Pyramide erster, jene zweiter Art, ebenso das Prisma erster und jenes zweiter Art.

Fig. 105.

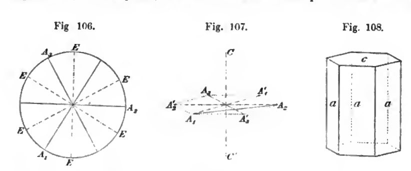


Die Normalen der Flächen jeder ditetragonalen Pyramide fallen in den Raum zwischen den Hauptschnitten A und E, ebenso jene der Flächen des ditetragonalen Prisma; daher zeigt sich hier die Wirkung der Hemiëdrie, und es ergibt sich eine positive und eine negative Tritopyramide, ebenso ein positives und ein negatives Tritoprisma. Die Bezeichnung geschieht nach Miller durch ein vorgesetztes π.

In diese Abtheilung gehören die Krystalle des Scheelits, deren einer in Fig. 105 dargestellt ist. Die Flächen x gehören einer Tritropyramide π (421) an. Sie treten blos an einer Seite der Flächen n auf, welche der verwendeten Pyramide π (201) entsprechen, wofern p die Pyramide π (111) ist.

39. Hexagonales System [1]. Die Formen dieser Abtheilung sind durch sieben Symmetrieebenen beherrscht, von welchen jedoch sechs Ebenen zu dreien einander gleich sind, während die siebente, die Hauptsymmetrieebene, von jenen verschieden ist. Legt man die letztere in die Ebene des Papiers und begrenzt sie durch einen Kreis, so werden die anderen als Linien erscheinen, von welchen die einen *A* sich unter 60° schneiden, und die anderen *E* bei gleicher gegenseitiger Stellung die Winkel der vorigen halbiren. Fig. 106. Gegenüber dem früheren Systeme zeigt sich eine Gleichheit darin, dass auch hier ein Hauptschnitt auf allen übrigen senkrecht ist, es zeigt sich aber ein Unterschied, indem die anderen Hauptschnitte sich nicht rechtwinkelig, sondern unter Winkeln von 30°, 60° u. s w. treffen. Die Hauptschnitte theilen den Raum in 24 gleiche Theile.

Die zu dreien einander gleichen Symmetrieebenen schneiden sich in einer einzigen Linie, der Hauptaxe, die wiederum auf der Hauptebene senkrecht ist.



Auch hier wird die Hauptaxe aufrecht gestellt. Die übrigen Axen ergeben sich aus den Durchschnitten der drei Ebenen mit der Hauptebene. Die Symmetrie dieser Abtheilung kommt also am besten zum Ausdrucke, wenn man sich nicht wie Miller mit drei Axen begnügt, sondern nach dem Vorgange von Weiss und Whewell deren vier annimmt. Die Hauptaxe ist senkrecht zu drei horizontalen Axen, welche einander gleich sind. Damit die Symmetrie auch in der Flächenbezeichnung hervortrete, werden an den drei horizontalen Axen jene Aeste, welche um 120° von einander abstehen, als positiv genommen, die anderen negativ. Ist also in Fig. 107 der eine Ast A_1 positiv, so ist der folgende A'_3 der negative Ast der dritten Axe, dann folgt A_2, der positive Ast der zweiten Axe u. s. w.

Das Axenverhältnis ist $a:a:a:c$, wofür man $1:1:1:\frac{c}{a}$ schreibt.

Die Flächencomplexe, welche hier vorkommen, sind entweder ein Flächenpaar, oder sie bestehen aus sechs oder zwölf oder vierundzwanzig Flächen. Sie ergeben sich aus der Symmetrie in derselben Weise wie im tetragonalen System. Nur bei der Bezeichnung ist darauf zu achten, dass eine Fläche, welche zwei

[1] Sechsgliederiges oder drei- und einaxiges System nach Weiss; rhomboëdrisches System nach Mohs, monotrimetrisches System nach Hausmann, hexagonales System nach Naumann.

Digitized by Google

Axen in gleicher Entfernung a trifft, den zwischenliegenden Ast der dritten Axe in der Entfernung $\frac{1}{2}$ a schneidet, wie dies leicht aus Fig. 107 zu ersehen.

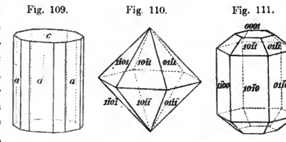
A) Endflächen. Das der Hauptebene parallele Flächenpaar entspricht für sich allein der Symmetrie dieses Systems. Bezeichnung $(\infty a : \infty a : \infty a : c) = (0001)$ $= 0P$. Das Pinakoid oder die Basis.

Die Flächenpaare, welche zu den drei gleichen Hauptschnitten A parallel sind, müssen gleichzeitig auftreten. Sie geben ein sechsseitiges Prisma, welches schlechtweg Prisma genannt wird. Die Flächen desselben sind sowohl der aufrechten als auch einer horizontalen Axe parallel und demzufolge gegen die beiden anderen Axen gleich geneigt, bilden also an diesen gleiche Abschnitte, daher die Bezeichnung $(a : \infty a : a' : \infty c) = (10\bar{1}0) = \infty P$. Die Fig. 108 gibt die Combination dieser Form mit dem Pinakoid.

B) Prismenflächen[1]). Flächenpaare, welche der Hauptaxe parallel sind, können ausserdem auch zu den drei gleichen Hauptschnitten E parallel sein. Diese drei Flächenpaare werden gleichzeitig auftreten und für sich gedacht auch ein sechsseitiges Prisma geben, welches aber in der Stellung von dem vorigen verschieden ist und verwendetes Prisma heisst. Jede Fläche desselben wird zwei der horizontalen Axen in gleicher Entfernung a, die dritte aber in der halben Entfernung $\frac{1}{2} a$ schneiden, daher die Bezeichnung $(a : a : \frac{1}{2} a' : \infty c) = (11\bar{2}0)$ $= \infty P2$. Bei dem Naumann'schen Symbol muss man sich daran erinnern, dass $a : a : \frac{1}{2} a' : \infty c = 2a : 2a : a' : \infty c$.

Fig. 109 stellt die Comb. des Prisma mit dem verwendeten Prisma und dem Pinakoid dar. Der Querschnitt des einen Prisma verhält sich zu dem des anderen wie ein reguläres Sechseck zu dem umschriebenen regulären Sechseck.

Eine aufrechte Prismenfläche, welche weder zu einem Hauptschnitte A, noch zu einem Hauptschnitte E parallel ist, wird sich zwölfmal wiederholen, da jeder der zwölf gleichen Räume zwischen den erwähnten Hauptschnitten eine solche Fläche fordert. Dies gibt ein zwölfseitiges Prisma, dessen Flächen die drei horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen schneiden. Die Bezeichnung ist allgemein $(a : r a : s a' : \infty c) =$ $= (h\, i\, \bar{k}\, 0) = \infty P\, n$.



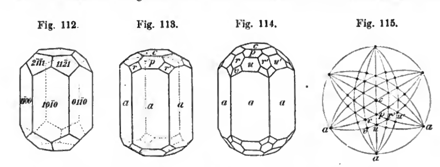
Eine Fläche, welche zu einer horizontalen Axe parallel ist und die übrigen Axen schneidet, hat eine den horizontalen Prismen der früheren Systeme entsprechende Lage. Sie wird zwei der horizontalen Axen in gleicher, die aufrechte Axe in einer

[1]) Die Classification der Flächen erfolgt hier nach Analogie des tetragonalen Systems. Diese Analogie ist bei der früheren rein geometrischen Behandlung der Krystallographie nicht in Betracht gezogen worden, weshalb die Nomenclatur der Formen beider Systeme nicht übereinstimmt.



anderen Entfernung schneiden und wird oberhalb der Hauptebene sechsmal und unterhalb derselben auch sechsmal auftreten, was eine sechsseitige Doppelpyramide ergibt. Fig. 110. Diese aus zwölf Flächen bestehende geschlossene Form wird kurzweg die Pyramide genannt nnd mit $(a:{}_{\infty}a:a':c) = (10\bar{1}1) = P$ bezeichnet, wofern die primäre Pyramide gemeint ist, während alle stumpferen und alle spitzeren Pyramiden unter die allgemeine Bezeichnung $(a:\infty a:a':tc)$ $= (h0\bar{h}l) = mP$ fallen. Die Pyramide hat dieselbe Stellung wie das Prisma, ihre Flächen bilden mit jener des Prisma drei verticale Zonen. Fig. 111 zeigt die Comb. der Pyramide mit dem Prisma und dem Pinakoid, welche am Grünbleierz beobachtet wird.

C) Pyramidenflächen. Eine Pyramidenfläche kann so gelagert sein, dass sie zwei der horizontalen Axen in gleicher Entfernung schneidet. Sie wird sodann die dazwischen liegende dritte der horizontalen Axen in halber Entfernung



treffen. Eine solche Fläche wird oberhalb der Hauptebene sechsmal und unterhalb dieser Ebene ebensovielmal wiederkehren, so dass eine geschlossene Form entsteht, welche zwölf Flächen besitzt und ebenfalls eine sechsseitige Doppelpyramide bildet. Sie wird die verwendete Pyramide genannt, weil ihr horizontaler Schnitt sich zu demjenigen der Pyramide so verhält, wie das umschriebene zu dem eingeschriebenen Sechseck, also gegen diesen um 30° verwendet ist. Sie besitzt also gleiche Stellung mit dem verwendeten Prisma, ihre Flächen bilden mit den Flächen des letzteren drei verticale Zonen. Ihre Bezeichnung ist $(a:a:\frac{1}{2}a':c) = (11\bar{2}1) = 2P2$, wofern die primäre Form anzugeben ist und $(a:a:\frac{1}{2}a':tc) = (h,h,2\bar{h},l) = mP2$ im Allgemeinen. Die verwendete Pyramide $(11\bar{2}2) = P2$, also jene, welche die halbe Höhe der primären besitzt, stumpft die Kanten der primären Pyramide $(10\bar{1}1)$ ab. In Fig. 112 ist eine am Beryll auftretende Combination dargestellt, welche das Prisma $(10\bar{1}0) = \infty P$, die verwendete Pyramide $(11\bar{2}1) = 2P2$ und das Pinakoid erkennen lässt, während die Comb. in Fig. 113 ausser diesen Flächen auch noch die Pyramide $p = (10\bar{1}1)$ darbietet.

Eine Pyramidenfläche, welche zu den gleichartigen Hauptschnitten ungleich geneigt ist und demnach die drei horizontalen Axen in drei ungleichen Entfernungen schneidet, muss sich zu jeder Seite der Hauptebene zwölfmal wiederholen, was eine zwölfseitige Pyramide gibt, deren allgemeine Bezeichnung hier

$a:ra:sa':tc) = (hi\bar{k}l) = mPn$ sein wird. Dieses Zeichen ist so zu schreiben, dass r grösser als 1 und grösser als s ist und dem entsprechend $h > i$ wird.

In Fig. 114 ist ein Beryllkrystall gezeichnet, welcher ausser den in der vorigen Figur erkennbaren Flächen auch noch die einer spitzeren Pyramide u und einer zwölfseitigen Pyramide v darbietet. Aus den Zonen ergibt sich, dass $u = (a:\infty a:a':2c) = (20\bar{2}1) = 2P$ und $v = (a:2a:\frac{2}{3}a:2c) = (21\bar{3}1) = 3P\frac{3}{2}$. Fig. 115 ist die sphärische Projection der Formen des letzten Krystalls.

Bezüglich der Flächenbezeichnung erkennt man in diesem System eine grössere Complication als in den vorigen, weil vier Axen angenommen wurden, jedoch zeigt eine kurze Ueberlegung, dass die Lage jeder Fläche gegen die horizontalen Axen vollständig bestimmt ist, wofern die Abschnitte an zwei dieser Axen bekannt sind. Der Abschnitt an der dritten ergibt sich dann von selbst, und zwar zeigt eine einfache Betrachtung, dass $s = \frac{r}{r+1}$ und dass folglich $h + i = -k$, wonach man blos zwei der Indices, welche sich auf die horizontalen Axen beziehen, zu kennen braucht, indem der dritte stets die negative Summe der beiden ersten ist. Für die Berechnung der Zonenzeichen und für die Ermittlung der Flächenindices aus letzteren benutzt man daher auch in diesem Systeme blos drei Indices, indem man den Index der dritten horizontalen Axe consequent weglässt; demnach würden für die Berechnung der in Fig. 113 und 114 vorkommenden Flächen die Zeichen $c = 001$, $p = 101$, $r = 111$, $a = 100$, $u = 201$, $v = 211$ erhalten.

Naumann erreicht eine grössere Einfachheit der Bezeichnung dadurch, dass er immer blos zwei der horizontalen Parameter berücksichtigt, den dritten, der sich von selbst versteht, weglässt. Um bei den zwölfseitigen Pyramiden und Prismen von dem Parametersymbol zu der Naumann'schen Bezeichnung zu gelangen, hat man blos zu berücksichtigen, dass in dem allgemeinen Zeichen $a:ra:sa':tc$ die Werthe $m = \frac{t}{s}$ und $n = \frac{1}{s}$. Demnach wird man aus $(a:3a:\frac{3}{4}a:3c)$ leicht $m = 3 . \frac{4}{3} = 4$ und $n = \frac{4}{3}$ erhalten, wonach $4P\frac{4}{3}$ folgt.

Die übliche Nomenclatur wird in folgenden Beispielen angeführt.

Zwölfseitige Pyramide oder dihexagonale Pyramide	$(a:ra:sa':tc) = (hi\bar{k}l) = mPn$
Zwölfseitiges Prisma oder dihexagonales Prisma	$(a:ra:sa':\infty c) = (hi\bar{k}0) = \infty Pn$
Verwendete Pyramide oder Deuteropyramide	$(a:\ a:\frac{1}{2}a':\ c) = (11\bar{2}1) = 2P2$ $(a:\ a:\frac{1}{2}a':\frac{1}{2}c) = (11\bar{2}2) = P2$
Verwendetes Prisma oder Deuteroprisma	$(a:\ a:\frac{1}{2}a':\infty c) = (11\bar{2}0) = \infty P2$
Pyramide oder Protopyramide . .	$(a:\infty a:\ a':\ c) = (10\bar{1}1) = P$ $(a:\infty a:\ a':\frac{1}{3}c) = (10\bar{1}3) = \frac{1}{3}P$
Prisma oder Protoprisma	$(a:\infty a:\ a':\infty c) = (10\bar{1}0) = \infty P$
Pinakoid oder Basis	$(\infty a:\infty a:\infty a':c) = (0001) = 0P.$

40. Hemiëdrie. In diesem Krystallsystem spielt die Hemiëdrie eine wichtige Rolle, da einige der verbreitetsten Minerale, die zugleich einen grossen Formenreichthum darbieten, in hemiëdrische Abtheilungen dieses Systems fallen. Man unterscheidet zwei hemiëdrische Abtheilungen, die rhomboëdrische und die pyramidale.

In der rhomboëdrischen Abtheilung verhalten sich die zwölf Räume (Duodecanten), welche durch die Hauptschnitte A und die Hauptebene gebildet werden, blos abwechselnd gleich. Wird nun wiederum die Lage der Flächen-Normalen berücksichtigt, so ergibt sich, dass die Normalen des Pinakoides, der verwendeten Pyramide und aller Prismen in den genannten Hauptschnitten liegen, also den gleichen und ungleichen Duodecanten in gleicher Weise zukommen. Diese Formen treten daher mit derselben Flächenzahl auf, wie in der holoëdrischen Abtheilung. Innerhalb der Duodecanten liegen die Normalen der Pyramide und der zwölfseitigen Pyramide, daher werden diese Formen durch die rhomboëdrische Hemiëdrie beeinflusst.

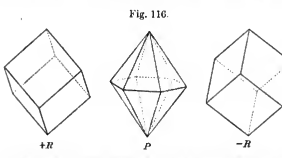


Fig. 116.

Von den zwölf Flächen der Pyramide werden also die abwechselnden sechs zwar einander gleich sein, aber sich anders verhalten als die übrigen sechs, welche wieder untereinander gleich sind, daher können auch die einen vorhanden sein, die anderen fehlen. Die Form, welche von den sechs gleichen Flächen eingeschlossen wird, ist ein Rhomboëder. Die Flächen jedes Rhomboëders sind paarweise parallel. Die Kanten sind zweierlei. Die drei von der Spitze herablaufenden und die von der unteren Spitze heraufkommenden, also die Polkanten sind unter einander gleich, während die im Zickzack herumlaufenden Kanten von jenen verschieden und untereinander gleich sind.

Aus jeder Pyramide können zwei Rhomboëder abgeleitet werden, z. B. aus der Pyramide in Fig. 116 die beiden daneben gezeichneten Rhomboëder, welche sich blos durch die Stellung unterscheiden. In dem ersten Falle erscheint die erste, dritte, fünfte Fläche sammt den drei Gegenflächen als Rhomboëder, im zweiten Falle die zweite, vierte, sechste Fläche sammt ihren Gegenflächen. Wenn das eine Rhomboëder im oberen Theile gegen den Beschauer eine Fläche zukehrt, so wird das andere ihm eine Kante zukehren. Zur Unterscheidung wird das eine als positives, das andere als negatives Rhomboëder bezeichnet. Weil das Rhomboëder einer parallelflächigen Hemiëdrie entspricht, so wird man vor die Indices ein π zu setzen haben. Demnach können zwei Rhomboëder vorkommen, welche Flächen von derselben Neigung haben, wie die Pyramide $(10\bar{1}1) = P$ nämlich die beiden Rhomboëder $\pi\,(10\bar{1}1) = +R$ und $\pi\,(01\bar{1}1) = -R$.

Die Rhomboëder können bei demselben Mineral spitzer oder stumpfer sein, indem sie einer spitzeren oder stumpferen Pyramide entsprechen. Das Rhomboëder π (01$\bar{1}$1) ist spitzer als das Rhomboëder π (01$\bar{1}$4).

Alle rhomboëdrischen Formen, folglich auch alle Rhomboëder, ob sie nun positive oder negative sind, besitzen drei Hauptschnitte. Jede Rhomboëderfläche ist zu einem Hauptschnitte senkrecht, daher sind die Flächen der Rhomboëder monosymmetrisch, obgleich sie für sich als Rhomben erscheinen.

In der Bezeichnung zeigt sich bei Naumann eine Abweichung, indem für das Rhomboëder nicht die einer Hemiëdrie entsprechende Bezeichnung $\frac{P}{2}$ gebraucht, sondern für das zur Vergleichung als Grundform gewählte Rhomboëder der Buchstabe R angewandt wird, so dass also π (10$\bar{1}$1) $= R$, π (01$\bar{1}$1) $= - R$,

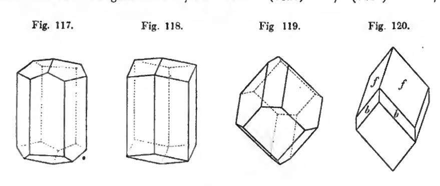


Fig. 117. Fig. 118. Fig 119. Fig. 120.

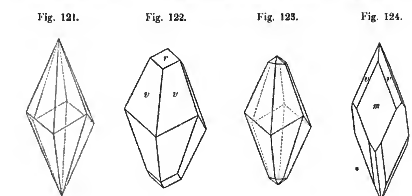
π (10$\bar{1}$4) $= \frac{1}{4} R$, π (02$\bar{2}$1) $= - 2 R$ etc.; auch das Prisma wird dementsprechend bezeichnet, wonach ∞P und ∞R dieselbe Form bezeichnen.

Als einfache Beispiele rhomboëdrischer Combinationen sind die folgenden, welche am Calcit vorkommen, zu betrachten. Fig. 117 zeigt das Prisma (10$\bar{1}$0) $= \infty R$ und ein stumpfes Rhomboëder π (01$\bar{1}$2) $= - \frac{1}{2} R$, die Fig. 118 dasselbe Rhomboëder mit dem verwendeten Prisma (11$\bar{2}$0) $= \infty P2$, ferner die Fig. 119 das Rhomboëder π (02$\bar{2}$1) $= - 2 R$ mit dem Grundrhomboëder π (10$\bar{1}$1) $= R$. Aus der letzten Combination $- 2 R$ und $+ R$ kann man die Regel entnehmen, dass jene Form, welche als Abstumpfung der herablanfenden Kanten eines Rhomboëders auftritt, ein Rhomboëder von halb so langer Hauptaxe in der anderen Stellung ist. Fig. 120 zeigt das Rhomboëder $- 2 R$ und das verwendete Prisma $\infty P2$.

Von den 24 Flächen der zwölfseitigen Pyramide können der Hemiëdrie entsprechend zwölf vorhanden sein, während die anderen zwölf fehlen. Da nun die zwölfseitige Pyramide in dem Raume, wo die sechsseitige Pyramide eine Fläche zeigt, deren zwei hat, so wird die hemiëdrische Form doppelt so viele Flächen haben als das Rhomboëder, indem statt jeder Fläche des Rhomboëders zwei Flächen auftreten. Diese zwölfflächige hemiëdrische Form wird das hexagonale Skalenoëder genannt. Fig. 121. Die herablaufenden Kanten sind abwechselnd gleich, während die Seitenkanten, welche wie beim Rhomboëder

im Zickzack herumlaufen, alle untereinander gleich sind. Die Bezeichnung wird $\frac{1}{2}(a:ra:sa':tc) = \pi(h\,i\,\bar{k}\,l)$ lauten und es werden wiederum zwei Stellungen zu unterscheiden sein.

Weil die Seitenkanten des Skalenoëders dieselbe Lage haben wie die eines Rhomboëders der gleichen Stellung, so gründet Naumann hierauf die Bezeichnung, indem er für jedes Skalenoëder das Zeichen des eingeschriebenen Rhomboëders mR setzt und rechts eine Ziffer n hinzufügt, welche angibt, um wie vielmal die Hauptaxe des Skalenoëder länger ist, als die jenes Rhomboëders, also mRn. Für das Skalenoëder in Fig. 121 ist das eingeschriebene Rhomboëder das primäre Rhomboëder R, die Hauptaxe des Skalenoëders ist aber dreimal so lang, als jene von R, daher erhält dieses Skalenoëder das Zeichen $R\,3$.



In Fig. 122 ist die Combination $R3$ mit R dargestellt. Fig. 123 gibt die Combination der Formen $R3$ und $\frac{1}{4}R3$, während Fig. 124 das Rhomboëder $4R$ mit $R3$ combinirt zeigt.

Um von dem Parametersymbol auf das Naumann'sche überzugehen, wählt man für die erstere Bezeichnung jene Flächen, deren zwei erste Parameter positiv sind, dann ergibt sich Folgendes:

Positive Rhomboëder $\frac{1}{2}(a:\infty a:a':tc) = \pi(h\,0\,\bar{h}\,l) = mR$

„ Skalenoëder $\frac{1}{2}(a:ra:sa':tc) = \pi(h\,i\,\bar{k}\,l) = mRn$

Negative Rhomboëder $\frac{1}{2}(\infty a:a:a':tc) = \pi(0\,h\,\bar{h}\,l) = -mR$

„ Skalenoëder $\frac{1}{2}(ra:a:sa':tc) = \pi(i\,h\,\bar{k}\,l) = -mRn$

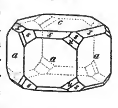
worin $h > i$ $\quad m = \frac{h-i}{l} = \frac{t}{r}(r-1) \quad n = \frac{h+i}{h-i} = \frac{r+1}{r-1}$

Miller geht bei der Behandlung der rhomboëdrischen und der hexagonalen Formen von dem Rhomboëder aus, welches ihm die drei Endflächenpaare darbietet, wonach den Kanten dieser Form parallel drei Axen gedacht werden, welche sich unter gleichen Winkeln schneiden. Das Rhomboëder ist sonach (100), das Pinakoid (111), das Prisma $(2\bar{1}\bar{1})$, das verwendete Prisma $(10\bar{1})$, das Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ wird zu (011), doch ist Miller genöthigt, die hexagonale Pyramide als Combination zweier Rhomboëder darzustellen, was unnatürlich ist.

Digitized by Google

41. Eine zweite Art der Hemiëdrie des hexagonalen Systems, welche die pyramidale genannt wird, macht sich darin geltend, dass die zwölf Räume zwischen den Hauptschnitten A und E blos abwechselnd gleich erscheinen. In diesen Räumen liegen die Normalen der Flächen, welche die zwölfseitige Pyramide und das zwölfseitige Prisma bilden. Diese werden vor der Hemiëdrie betroffen und führen auf eine sechsseitige Pyramide und auf ein sechsseitiges Prisma, welche beide in einer Stellung erscheinen, die zwischen jener der Pyramide und verwendeten Pyramide liegt. Diese Art der Hemiëdrie wurde von Haidinger am Apatit erkannt. Fig. 125 gibt einen Krystall dieses Minerals an, der ausser dem Prisma a, der Pyramide x und der Endfläche c auch die verwendete Pyramide s und die hemiëdrische Pyramide u zeigt.

Fig. 125.

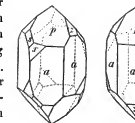


42. Tetartoëdrie. Zum hexagonalen Systeme gehören auch Formen, welche so aufzufassen sind, als ob nur ein Viertel der Krystallräume jenes Systems unter einander gleich wären. Die beiden Fälle, welche an Mineralen zu beobachten sind, werden nach Groth als trapezoëdrische und als rhomboëdrische Tetartoëdrie unterschieden.

Die erstere zeigt sich am Quarz, der zuweilen die in Fig. 126 u. 127 dargestellte Combination darbietet. Hier erscheint ein Rhomboëder $p = R$, das Prisma $a = \infty R$ und das Rhomboëder $z = -R$ vollständig, während die Skalenoëderflächen $x = 4 R \frac{4}{3}$ blos sechsmal auftreten, so dass diese Flächen für sich gedacht eine Gestalt liefern würden, welche von sechs Trapezflächen umschlossen wäre, ferner sieht man die Flächen der verwendeten Pyramide s auch nur sechsmal wiederkehren, so dass dieselben für sich eine trigonale Pyramide geben.

Die Regel, nach welcher die Formen dieser trapezoëdrischen Tetartoëdrie gebildet sind, lautet dahin, dass an rhomboëdrischen Krystallen die zwischen den Ebenen E gelegenen sechs Räume sich blos abwechselnd gleich verhalten. Hiernach blieben die Rhomboëder, das Prisma ∞R und das Pinakoid geometrisch unverändert, während alle übrigen Formen von der neuerlichen Hemiëdrie betroffen werden.

Fig 126. Fig. 127.



Die Formen, in welchen sich diese Art der Tetartoëdrie ausspricht, also im vorliegenden Beispiele die Flächen x und s, können wiederum entweder in der einen, der positiven Stellung auftreten oder in der anderen, der negativen. Eine Form mit positiven Flächen kann aber nicht durch eine Drehung dahin gebracht werden, dass sie nun der Form mit negativen Flächen gleicht, ebenso wenig findet das Umgekehrte statt. Die beiden Arten von Formen verhalten sich vielmehr zu einander wie die rechte Hand zur linken. Man hat also hier einen Fall der Enantiomorphie. Die beiden abgebildeten Formen des Quarzes sind enantiomorph, die erste stellt einen linken, die andere einen rechten Krystall dar.

43. Ein Beispiel der rhomboëdrischen Tetartoëdrie liefert der Dioptaskrystall in Fig. 128, an welchem ein Rhomboëder r auftritt, welches als $-2R$ aufzufassen ist, weil die Flächen des Spaltungsrhomboëders R seine Kanten abstumpfen, ferner das Prisma $m = \infty P2$, ausserdem aber noch die Flächen s beobachtet werden, welche letzteren dieselbe Lage haben, wie jene des Skalenoëders $-2R\frac{7}{6}$, dabei aber nur sechsmal auftreten, so dass sie für sich betrachtet ein Rhomboëder geben würden, welches eine Zwischenstellung hätte, die mit keiner Stellung der übrigen Rhomboëder übereinstimmt.

Fig. 128.

Die Regel, nach welcher die rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Formen gebildet sind, kann so ausgedrückt werden, dass an einem rhomboëdrischen Krystall die von den Hauptschnitten A und E gebildeten 12 Räume sich blos abwechselnd gleich verhalten. Hiernach unterliegen die Formen der Skalenoëder, der verwendeten Pyramide und des zwölfseitigen Prisma einer neuerlichen Hemiëdrie, während die übrigen Formen geometrisch unverändert erscheinen.

44. Hemimorphie. Ein ausgezeichnetes Beispiel hemimorpher Ausbildung liefert der Turmalin, an welchem zuweilen die in Fig. 129 erscheinende Combination beobachtet wird. An dem oberen Ende des Krystalls treten die Flächen des Rhomboëders R und des negativen Rhomboëders $-2R$ auf, während am unteren Ende R mit $-\frac{1}{2}R$ combinirt ist. Die Prismenzone wird von den sechs Flächen des verwendeten Prisma, ferner von drei Flächen gebildet, welche dieselbe Lage haben, wie das Prisma ∞R, welches durch die Hemimorphie diese Veränderung erfährt.

Der Hemimorphismus, welcher darauf beruht, dass zu beiden Seiten der Hauptebene Ungleichheit herrscht, also die Hauptaxe polar erscheint, wirkt demnach auf alle Flächen, welche zur Hauptaxe geneigt oder dazu senkrecht sind, in dem Sinne, dass er die obere und die untere Hälfte dieser Formen ungleich macht, er wirkt aber auch auf das Prisma, was durch den Anblick rhomboëdrischer Combinationen, z. B Fig. 117 sogleich klar wird. Man erkennt hier, dass von den sechs Flächen des Prisma ∞R drei abwechselnde ein Eck nach oben kehren, während die anderen drei eine Seite nach oben wenden, dass also in Bezug auf den oberen Pol der Hauptaxe nur die abwechselnden Prismenflächen gleich sind. Wird dieser Pol von dem unteren verschieden, so zerfällt das Prisma in zwei ungleiche Hälften. Die Fortsetzung dieser Betrachtung lehrt, dass auch das zwölfseitige Prisma in zwei Hälften zerfällt, während das verwendete Prisma unverändert bleibt.

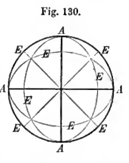
Fig. 129.

45. Tesserales System [1]). Die Krystalle dieser Abtheilung erscheinen am regelmässigsten ausgebildet, da ihre Form auf neun Symmetrieebenen zurück-

[1]) Tessularisches System nach Werner, reguläres S. nach Weiss, isometrisches S. nach Hausmann, tesserales S. nach Naumann.

zuführen ist. Diese zerfallen in drei untereinander gleiche Hauptschnitte, welche dieselbe Lage haben, wie die Hauptschnitte des rhombischen Systems, welche also auf einander senkrecht sind und mit *A* bezeichnet werden mögen, ferner in sechs gleiche Hauptschnitte, welche die rechten Winkel der vorigen halbiren und mit *E* bezeichnet sind. In Fig. 130 ist eine Kugel dargestellt, durch deren Centrum alle Hauptschnitte gehen. Die Linien, in welchen die Hauptschnitte *A* die Kugel treffen, sind stärker hervorgehoben, die zu den Hauptschnitten *E* gehörigen Linien sind schwächer angedeutet. Während im tetragonalen System blos zwei Hauptschnitte *A* einander gleich waren und die dazu senkrechte Ebene ungleich (vergl. Fig. 94), sind hier alle drei einander gleich; während dort nur zwei fernere Hauptschnitte *E* in diagonaler Stellung hinzukamen, sind es hier sechs derlei Ebenen, welche die Winkel der vorigen halbiren. Das tesserale System erscheint also wie eine Vervollständigung des tetragonalen. Man findet aber auch leicht die Analogie mit den hexagonalen, speciell den rhomboëdrischen Krystallen, wofern man den Umstand berücksichtigt, dass die Hauptschnitte *E* sich auch unter Winkeln von 60° schneiden.

Fig. 130.



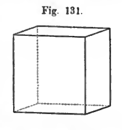
Die drei gleichen Hauptebenen *A* schneiden sich in drei aufeinander senkrechten Linien, welche zu Axen gewählt werden. Die drei rechtwinkeligen Axen des tesseralen Systems sind sonach einander gleich und das Axenverhältnis lautet $a:a:a$, oder $1:1:1$.

Die grosse Zahl der Symmetrieebenen bringt es mit sich, dass die Zahl der einfachen Formen eine bedeutende ist. Es gibt Complexe zu sechs, acht, zwölf, vierundzwanzig und achtundvierzig Flächen. Man kann dieselben leichter übersehen, wenn man diejenigen Formen zuerst betrachtet, deren Flächen zu den Hauptebenen im einfachsten Verhältnis stehen.

a) Endflächen.

Hexaëder. Drei zu den Hauptebenen parallele Flächenpaare geben das Hexaëder oder den Würfel. Fig. 131. Derselbe hat durchwegs rechtwinkelige Kanten und seine Flächen sind bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalles Quadrate. Die Kanten geben die Lage der Axen des tesseralen Systems an. Jede Fläche ist zwei Axen parallel, daher das Zeichen $(a:\infty a:\infty a)$ $= (100) = \infty O \infty$. Man sieht, dass Naumann hier den Buchstaben *O* wählt (auf das Oktaëder bezüglich), und dass die Coëfficienten zu beiden Seiten desselben geschrieben werden, wobei für die Folge zu bemerken ist, dass bei Ungleichheit derselben der grössere links zu stehen kommt. Das Hexaëder ist eine häufig vorkommende Krystallform. Es tritt für sich am Bleiglanz, Fluorit, Steinsalz auf.

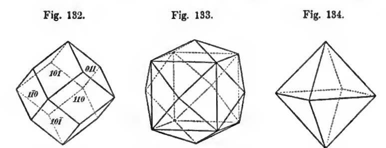
Fig. 131.



b) Prismenflächen.

Rhombendodekaëder. Eine Fläche, die auf einer Hauptebene A senkrecht nnd gegen die beiden anderen gleich geneigt ist, wird einer Axe parallel sein und zwei Axen in gleichen Entfernungen schneiden. Sio wird also zwischen den Aesten der Axen immer wiederkehren und im Ganzen zwölfmal auftreten. Dies führt auf das Rhombendodekaëder, Fig. 132, dessen Flächen bei ebenmässiger Ausbildnng des Krystalls Rhomben sind, deren Diagonalen sich wie $1:\sqrt{2}$ verhalten. Die Flächen sind Prismenflächen, die Bezeichnung ist $(a:a:\infty a) = (110) = \infty O$. Die Kanten messen 60°, wie z. B. die Kante 101 : 110, dagegen sind zwei Flächen, welche in der Figur einander die Spitzen zuwenden, zu einander senkrecht, ihre Neigung beträgt also 90°, z. B. die Flächen $101:10\bar{1}$. Das Rhombendodekaëder tritt für sich am Granat, am Rothkupfererz auf. Wegen

Fig. 132. Fig. 133. Fig. 134.



des häufigen Auftretens am Granat wurde die Form wohl auch Granatoëder genannt.

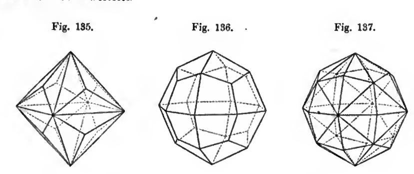
Tetrakishexaëder. Jede Fläche, die auf einer Hauptebene senkrecht nnd gegen die beiden anderen ungleich geneigt ist, wird zweimal so oft auftreten als die Fläche der vorigen Form. Dies gibt eine von vierundzwanzig Flächen begrenzte Form, das Tetrakishexaëder, Fig. 133, welches so aussieht, als ob auf jede Fläche eines Würfels eine vierseitige Pyramide aufgesetzt worden wäre. Letztere kann etwas flacher oder etwas steiler sein. Die Form hat zweierlei Kanten, die einen hat sie mit dem Hexaëder gemein, die anderen sind jene, welche von der Spitze der genannten Pyramiden ausgehen. Jede Fläche ist einer Axe parallel, während sie die beiden anderen in ungleichen Entfernungen trifft, wonach die Bezeichnung $(a:na:\infty a) = (hk0) = \infty On$ wird. Die Form $(a:3a:\infty a) = (310) = \infty O3$ ist am Fluorit öfter in Combination mit dem Würfel zu beobachten, $(210) = \infty O2$ am Gold u. s. w.

c) Pyramidenflächen.

Oktaëder. Eine zu den drei Hauptebenen gleich geneigte Fläche wird sich in jedem Octanten wiederholen, also ein Oktaëder liefern. Fig. 134. Bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalls sind die Flächen dreiseitig, und zwar gleichseitige Dreiecke. Da die Flächen gegen die drei Axen gleich geneigt sind, folglich alle drei in gleichen Entfernungen treffen, so lautet die Bezeichnung $(a:a:a) =$

(111) = O. Die Kanten sind unter einander gleich, und zwar messen dieselben 70° 31′ 44″, z. B. die Kante 111 : 11$\bar{1}$. Die Flächen, welche in der Fig. 134 die Spitzen gegen einander wenden, sind unter 70° 31′ 44″ gegen einander geneigt, z. B. 111 : $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$. Das Oktaëder ist die einfachste aus Pyramidenflächen bestehende holoëdrische Form des tesseralen Systems. Es tritt für sich häufig am Magnetit, Spinell, Gold, Alaun auf.

Triakisoktaëder. Eine Fläche, die gegen zwei Hauptebenen gleich, gegen die dritte anders geneigt ist, wird in jedem Octanten dreimal auftreten, gehört also jedenfalls einer vierundzwanzigflächigen Form an. Jede solche Fläche wird die Axen so treffen, dass zwei Parameter gleich sind, während der dritte davon verschieden ist. Die Formen, welche durch solche Flächen gebildet werden, sind aber doch zweierlei.


Fig. 135. Fig. 136. Fig. 137.

Die eine, das Triakisoktaëder, Fig. 135, hat zweierlei Kanten, von denen die einen dieselbe Lage haben, wie die des Oktaëders. Die Form sieht so aus, als ob auf jede Oktaëderfläche eine dreiseitige Pyramide aufgesetzt wäre, daher sie zuweilen Pyramidenoktaëder genannt wird. Jede ihrer Flächen trifft zwei Axen in einer kleineren, die dritte Axe in einer grösseren Entfernung, und zwar ist in dem Beispiel in Fig. 135 das Verhältnis 1 : 2, wonach ihr Symbol $(a : a : 2a) = (221) = 2O$. Flächen dieser Art kommen am Diamant, am Fluorit und Bleiglanz öfter vor.

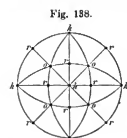
Ikositetraëder. Die andere hierher gehörige Form unterscheidet sich von der vorigen schon durch die Lage der Kanten, wie dies in Fig. 136 ersichtlich ist. Sie wird Ikositetraëder genannt. Bei ebenmässiger Ausbildung ist sie von vierundzwanzig Vierecken eingeschlossen, welche die Gestalt von Deltoiden haben. An diesen sind je zwei benachbarte Seiten gleich. Jede Fläche trifft eine Axe in der kleineren, die beiden anderen in grösserer Entfernung. An der Form in Fig. 136 ist das Verhältnis 1 : 2, wonach die Bezeichnung $a : 2a : 2a$, oder was dasselbe ist, $(\frac{1}{2}a : a : a) = (211) = 2O2$. Am Ikositetraëder unterscheidet man wiederum zweierlei Kanten; jene, welche zu dreien zusammentreffen, verursachen den Eindruck, als ob auch hier eine dreiseitige Pyramide auf die Oktaëderfläche aufgesetzt wäre, jedoch in verwendeter Stellung in Bezug auf die vorige Form. Die Gestalt (211) kommt für sich am Granat vor.

Digitized by Google

Hexakisoktaëder. Eine Fläche, welche gegen alle drei Hauptebenen ungleich geneigt ist, erscheint auch gegen die übrigen Hauptschnitte ungleich geneigt. Sie wird daher so vielmal auftreten, als wieviel Räume durch die sämmtlichen Hauptschnitte gebildet werden (vide Fig. 130), nämlich achtundvierzigmal. Dieser Fall findet an dem Hexakisoktaëder statt. Fig. 137

Die Form sieht ungefähr so aus wie ein Oktaëder, auf dessen Flächen eine sechsseitige Pyramide aufgesetzt ist. Letztere hat abwechselnd gleiche, also drei und drei gleiche Kanten und um die Basis der Pyramide laufen andere, aber untereinander gleiche Kanten, somit hat die Gestalt dreierlei Kanten. Sie hat ferner eine Aehnlichkeit mit dem Rhombendodekaëder, indem gleichsam auf jede Fläche des letzteren eine vierseitige Pyramide aufgesetzt erscheint und ebenso wird man leicht die Aehnlichkeit mit dem Ikositetraëder, Triakisoktaëder, kurz mit allen bisher betrachteten Formen des tesseralen Systemes herausfinden. Die Bezeichnung wird lauten $(a : ma : na) = (hkl) = mOn$, und dieses Zeichen spricht ebenfalls den Zusammenhang dieser Form mit allen anderen zuvor betrachteten aus, indem in dem Symbol (hkl) blos ein Werth $= 0$ oder zwei Werthe gleich gesetzt zu werden brauchen u. s. w., um die Symbole der übrigen Formen zu erhalten. Die Form in Fig. 137 ist $(632) = 3O2$. Am Diamant, am Fluorit, kommt die Form 421 für sich vor. Im übrigen zeigen sich auch Hexakisoktaëder, die andere Indices haben.

Fig. 138.



In der beistehenden Fig. 138 ist die sphärische Projection der Flächen des Hexaëders *h*, des Rhombendodekaëders *r* und des Oktaëders *o*, also aller constanten Formen sammt den entsprechenden Zonen dargestellt. Es ist nun leicht zu erkennen, wo sich die übrigen Formen projiciren werden. Die Flächen der möglichen Tetrakishexaëder zwischen *r* und *h*, die aller Triakisoktaëder zwischen *r* und *o*, die aller Ikositetraëder zwischen *h* und *o*, die aller Hexakisoktaëder in den Räumen zwischen den benachbarten *h r o*.

46. Hemiëdrie. Auch in dem tesseralen System ist die Hemiëdrie von Bedeutung, weil mehrere häufige Minerale in diese Abtheilung fallen. Man hat zweierlei Arten zu unterscheiden, welche als die tetraëdrische und als die pyritoëdrische bezeichnet werden.

Die tetraëdrische Hemiëdrie macht sich darin geltend, dass die von den Hauptebenen gebildeten Octanten blos abwechselnd gleich erscheinen. Es ist also dieselbe Regel, welche schon im rhombischen und im tetragonalen System beobachtet wurde. Da nun die Normalen der Flächen des Oktaëders, des Triakisoktaëders, Ikositetraëders und des Hexakisoktaëders in diese Räume fallen, so werden die genannten Formen von dieser Art der Hemiëdrie betroffen. In den tetraëdrischen Formen sind die sechs Symmetrieebenen *E* erhalten, die anderen drei fehlen.

Digitized by Google

Denkt man sich von den acht Flächen des Oktaëders blos die abwechselnden vier vorhanden, so gelangt man zu dem T e t r a ë d e r, Fig. 139, einer Form, die von vier gleichseitigen Dreiecken umschlossen ist, und deren sechs Kanten 109° 28′ 16″ messen. Es ist die einzige Krystallform, welche nicht durch Verzorrung geändert werden kann. Man hat, wenn es nöthig ist, ein positives und ein negatives Tetraëder zu unterscheiden, also $\varkappa$ (111) und $\varkappa$ (1$\bar{1}$1) oder $\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$. Fig. 140 ist die Combination dieser beiden Formen. Das Tetraëder kommt selbstständig am Fahlerz und am Helvin vor.

Wird bezüglich des Triakisoktaëders dasselbe Verfahren beobachtet, werden also die Flächen, welche in den einen Octanten fallen, vorhanden gedacht,

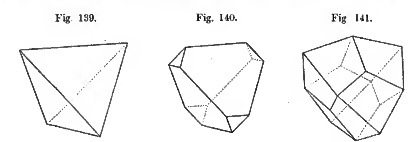


Fig. 139. Fig. 140. Fig. 141.

während die des nächsten fehlen u. s. f., so gelangt man zu dem D e l t o i d-D o d e k a ë d e r Fig. 141, dessen zwölf Flächen Deltoide sind und welches zweierlei Kanten besitzt. An dem Lauf jener Kanten, welche zu dreien zusammentreffen, erkennt man leicht die Zugehörigkeit zu dem Triakisoktaëder. Die Form ist eine variable, die beistehende Fig. ist $\varkappa$ (332) $= \frac{\frac{3}{2}O}{2}$.

Wenn von den Flächen des Ikositetraëders diejenigen, welche abwechselnden Octanten angehören, vorhanden gedacht werden, so erhält man wiederum eine Tetraëder-ähnliche Form, nämlich das T r i g o n d o d e k a ë d e r Fig. 142, welches die einen Kanten mit dem Tetraëder gemein hat, während die anderen durch ihren Verlauf den Zusammenhang mit dem Ikositetraëder erkennen lassen. Die beistehende Figur stellt die Form $\varkappa$ (211) dar.

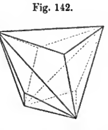


Fig. 142.

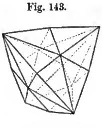


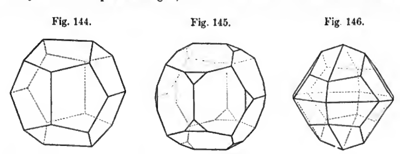
Fig. 143.

Das Hexakisoktaëder leitet endlich zu einer hemiëdrischen Form, welche H e x a k i s t e t r a ë d e r genannt wird, Fig. 143, und welche von dreierlei Kanten eingeschlossen ist. Die Bezeichnung der Form, welche in der beistehenden Figur dargestellt ist, lautet $\varkappa$ (654). Die letztgenannten hemiëdrischen Formen können alle in der einen, der positiven, sowie in der anderen, der negativen Stellung auftreten, und kommen vorzugsweise am Fahlerz vor.

Digitized by Google

47. Die zweite Art der Hemiëdrie, die pyritoëdrische, zeigt sich darin, dass die Räume zwischen den sechs Hauptschnitten zweiter Art E sich blos abwechselnd gleich verhalten. In diese Räume fallen die Normalen der Flächen des Tetrakishexaëders und des Hexakisoktaëders, daher werden diese beiden Formen von der zweiten Art der Hemiëdrie betroffen, während alle übrigen Formen in geometrischer Beziehung unverändert auftreten.

Denkt man sich jene Flächen des Tetrakishexaëders, welche in den abwechselnden Räumen liegen, vorhanden, während die anderen fehlen, so erhält man eine Form, welche Pentagondodekaëder heisst. Fig. 144. Sie wird von zwölf symmetrischen Fünfecken eingeschlossen und hat zweierlei Kanten, indem diejenigen, welche an den längeren Seiten der Fünfecke liegen, und welche je einer Axe parallel liegen, von den anderen Kanten verschieden sind.


Fig. 144. Fig. 145. Fig. 146.

Man kann, wofern es nöthig ist, auch hier zwei Stellungen unterscheiden, eine positive und eine negative. Die Bezeichnung erfolgt in der Weise, dass dem Symbol des Tetrakishexaëders π vorgesetzt wird, weil die Form eine parallelflächige ist, Fig. 144 stellt $\pi\,(210)$ oder $\frac{\infty O 2}{2}$ dar. In Fig. 145 hat man auch $\pi\,(201) = -\frac{\infty O 2}{2}$. An dem tesseralen Eisenkies oder Pyrit und am Glanzkobalt kommt dieses Pentagondodekaëder selbstständig vor und es treten am Pyrit noch andere Pentagondodekaëder in Combination auf.

Die Flächen des Hexakisoktaëders liefern bei dieser Art der Hemiëdrie eine vierundzwanzigflächige Form, welche Dyakisdodekaëder oder Diploëder genannt wird, und welche dreierlei Kanten besitzt. Fig. 146. Man erkennt eine Aehnlichkeit mit dem Pentagondodekaëder, ebenso mit dem Ikositetraëder.

Die Bezeichnung entspricht der vorigen, jedoch wird das Naumann'sche Symbol mit einer Parenthese versehen, um die Verwechslung mit dem Hexakistetraëder zu vermeiden. Fig. 146 stellt dio Form $\pi\,(321) = \left[\frac{3 O \frac{3}{2}}{2}\right]$ vor.

In den pyritoëdrischen Formen sind die drei Symmetrieebenen A erhalten, die sechs übrigen fehlen.

Es gibt auch noch eine dritte Art der Hemiëdrie, die gyroëdrische, welche darin beruht, dass von den 48 Krystallräumen, welche durch die Ebenen A und E

gebildet werden (Fig. 130), sich nur die abwechselnden gleich verhalten. Dieselbe wnrde vom Autor an künstlichen Salmiakkrystallen nachgewiesen. Auch eine Tetartoëdrie wurde an Prodnkten der Laboratorien, wie am chlorsauren Natron erkannt. An diesem Salze kommen tetraëdrische Formen in Combination mit dem Pentagondodekaëder vor. Da jedoch die einzelnen Hemiëdrien solche Abtheilungen darstellen, welche ebenso scharf getrennnt sind, wie die einzelnen Krystallsysteme, so schien diese Combination einen Widerspruch zu enthalten, bis Naumann zeigte, dass hier eine Tetartoëdrie vorliege. Diese ergibt sich daraus, dass zwei der genannten Hemiëdrien zugleich zur Geltung kommen.

48. Im Folgenden hat man eine Uebersicht der im tesseralen System auftretenden Formen und deren Symbole. Alle sind geschlossene Formen.

A) Holoëdrie.

Hexakisoktaëder	$(a : ma : na)$	$= (h\,k\,l)$	$= m\,O\,n$
Ikositetraëder	$(a : ma : ma)$	$= (h\,k\,k)$	$= m\,O\,m$
Triakisoktaëder	$(a : a \;\, : ma)$	$= (h\,h\,k)$	$= m\,O$
Tetrakishexaëder	$(a : na : \infty a)$	$= (h\,k\,0)$	$= \infty\,O\,n$
Oktaëder	$(a : a \;\, : \;\, a)$	$= (111)$	$= O$
Rhombendodekaëder	$(a : a \;\, : \infty a)$	$= (110)$	$= \infty\,O$
Hexaëder	$(a : \infty a : \infty a)$	$= (100)$	$= \infty\,O\,\infty$

B) Tetraëdrische Hemiëdrie.

Hexakistetraëder	$\frac{1}{2}\,(a : ma : na) = \varkappa(h\,k\,l)$	$= \frac{m\,O\,n}{2}$
Trigondodekaëder	$\frac{1}{2}\,(a : ma : ma) = \varkappa(h\,k\,k)$	$= \frac{m\,O\,m}{2}$
Deltoiddodekaëder	$\frac{1}{2}\,(a : \;a\; : ma) = \varkappa(h\,h\,k)$	$= \frac{m\,O}{2}$
Tetraëder	$\frac{1}{2}\,(a : \;a\; : \;a\;) = \varkappa(111)$	$= \frac{O}{2}$

ausserdem das Tetrakishexaëder, das Rhombendodekaëder und Hexaëder.

C) Pyritoëdrische Hemiëdrie.

Dyakisdodekaëder	$\frac{1}{2}\,[a : ma : na] = \pi(h\,k\,l)$	$= \left[\frac{m\,O\,n}{2}\right]$
Pentagondodekaëder	$\frac{1}{2}\,(a : na : \infty a) = \pi(h\,k\,0)$	$= \frac{\infty\,O\,n}{2}$

ausserdem das Ikositetraëder, Triakisoktaëder, das Oktaëder, Rhombendodekaëder und Hexaëder.

49. Combinationen. Die Zahl der Combinationen, welche an Mineralen des tesseralen Systems vorkommen, ist begreiflicherweise eine sehr grosse, doch sind die meisten derselben leicht aufznlösen Hier mögen einige einfache Beispiele angeführt werden.

In Fig. 147 ist das Hexaëder vorwaltend, die Kanten desselben erscheinen durch die Flächen des Rhombendodekaëders, die Ecken aber durch die des

Digitized by Google

Oktaëders abgestumpft. In Fig. 148 gesellt sich zum Hexaëder das Ikositetraëder (211) = $2O2$, welches die Ecken von den Flächen her abstumpft, übrigens leicht an dem Laufe der Kanten erkannt wird. Fig. 149 zeigt die Combination des Hexaëders mit dem Triakisoktaëder (221) = $2O$, welches die Ecken von den Kanten her abstumpft und gleichfalls am leichtesten durch den Verlauf seiner Kanten als solches erkannt werden kann. Fig. 150 bietet die Abstumpfung der

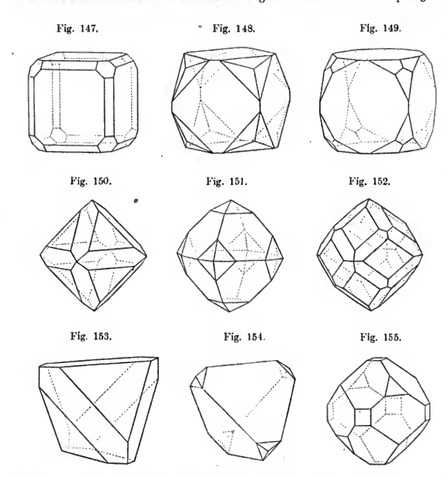


Fig. 147. Fig. 148. Fig. 149.

Fig. 150. Fig. 151. Fig. 152.

Fig. 153. Fig. 154. Fig. 155.

Kanten des Oktaëders durch die Flächen des Rhombendodekaëders dar, während Fig. 151 die Combination des Oktaëders mit einem Ikositetraëder, und zwar mit dem gewöhnlich vorkommenden (211) = $2O2$ darstellt.

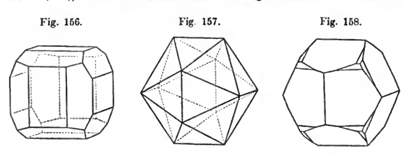
Fig. 152 zeigt die Abstumpfung der Kanten des Rhombendodekaëders durch ein Ikositetraëder, dessen Symbol aus den vorhandenen Zonen leicht bestimmt wird. Dieses lautet wiederum (211).

In Fig. 153 wird die Abstumpfung der Kanten des Tetraëders durch die Flächen des Hexaëders, in Fig. 154 die Combination des Tetraëders mit dem

Digitized by Google

Rhombendodekaëder dargestellt. Dass hier nicht etwa die Combination des Tetraëders mit einem Deltoidodekaëder vorliegt, ergibt die Betrachtung der von drei kleinen Flächen eingeschlossenen Ecken, welche mit den entsprechenden des Rhombendodekaëders gleich sind. Die Fig. 155 lässt die Flächen des Rhombendodekaëders nnd des Hexaëders leicht erkennen, doch treten auch die Flächen eines Tetraëders als kleine Dreiecke hinzu.

Das Hexaëder in Combination mit dem Pentagondodekaëder erscheint in Fig. 156, während in der nächsten Fig. 157 das gleiche Pentagondodekaëder, nämlich π (210), mit dem Oktaëder combinirt dargestellt ist. Die letztere Com-


Fig. 156. Fig. 157. Fig. 158.

bination erinnert an das Ikosaëder der Geometrie, weil es, wie dieses, von zwanzig Dreiecken eingeschlossen wird, aber beim Ikosaëder sind die Dreiecke alle gleich, hier dagegen sind sie von zweierlei Art. Die Fig. 158 gibt die Combination des genannten Pentagondodekaëders mit einem Dyakisdodekaëder, dessen Symbol aus den Zonen zu π (421) oder $\left[\frac{402}{2}\right]$ bestimmt wird.

50. Parallele Verwachsung. Die bisher betrachteten Krystalle sind einfach, sie bestehen blos aus einem einzigen Individuum. Es gibt aber regelmässige Vereinigungen von mehreren Krystallindividuen, welche von zweierlei Art sind. Die vereinigten Individuen sind nämlich entweder nach ihrer Krystallform genau parallel gelagert, in welchem Falle das Ganze als eine parallele Verwachsung bezeichnet wird, oder die Individuen sind in anderer, jedoch regelmässiger Weise verbunden, in welchem Falle die Gesammtheit ein Zwillingskrystall genannt wird.

Die Verwachsung mehrerer Krystallindividuen bei paralleler Stellung zeigt sich in verschiedener Weise, je nachdem die letzteren grösser oder kleiner, gleich oder ungleich sind. Wenn mehrere Krystalle in paralleler Stellung verbunden erscheinen, ohne dass sie durch gleiche Grösse oder innige Verwachsung eine charakteristische Gesammtform darbieten, so kann man eine solche Vereinigung einen Krystallstock nennen. Würfel von Steinsalz, Krystalle von Quarz, Feldspath, Kalkspath treten öfters in solcher Verbindung auf.

Säulenförmige Krystalle enden zuweilen in einen Krystallstock, so dass die Säule an ihrem Ende pinselartig in viele einzelne Säulchen von paralleler Stellung aufgelöst erscheint. Beispiele bieten zuweilen Quarz, Diopsid, Epidot dar.

Digitized by Google

Wenn auf die Krystalle eines Minerals neue Individuen sich parallel ansiedeln, so geschieht dies mitunter in der Weise, das die neuen Individuen sich einzeln auf jeden vorhandenen Krystall ansetzen, wobei sie entweder dieselbe Combination wiederholen oder eine andere Combination ausbilden. Auf Skalenoëdern von Calcit z. B. findet man an der Spitze jedes Krystalls Rhomboëder desselben Minerals parallel angesetzt.

Häufig zeigen Krystalle nach allen Richtungen in ihrer äusseren Schichte eine Bildung vieler kleiner Individuen paralleler Stellung. Solche Bildungen machen den Eindruck, als ob ein grösserer Krystall aus vielen kleineren zusammengesetzt wäre, jedoch ist dies nur scheinbar und sollte niemals in diesem Sinne aufgefasst werden, denn im Innern ist der Krystall ein geschlossenes Ganzes, in der oberen Schichte aber geht er in einen Krystallstock, also in viele getrennte Individuen aus. So bildet der Fluorit öfters Oktaëder, welche äusserlich aus vielen kleinen Würfeln zusammengesetzt erscheinen, etwa so wie in Fig. 47, oder er bildet Würfel, welche aus kleinen Tetrakishexaëdern zusammengefügt erscheinen. Der Calcit bildet öfters Rhomboëder — $\frac{1}{2}R$, welche so aussehen, als ob sie aus vielen kleinen Rhomboëdern derselben Art aufgebaut wären, man findet aber auch öfters Skalenoëder $R\,3$, welche äusserlich aus vielen kleinen Krystallen der Form — $\frac{1}{2}R.\infty R$ bestehen u. s. w.

51. Zwillingskrystalle. Unter diesem Ausdrucke versteht man die regelmässigen Verwachsungen je zweier gleicher Krystallindividuen in unparalleler Stellung. Die Regelmässigkeit der Verwachsung besteht darin, dass die Individuen mindestens eine gleichnamige Kante und eine an dieser liegende gleichartige Krystallfläche gemeinschaftlich oder parallel haben. Die genannte Fläche und Kante ist entweder an den einzelnen Individuen ausgebildet oder sie ist eine mögliche Fläche und mögliche Kante. An dem Zwillingskrystall von Gyps, Fig. 160, sieht man zwei monokline Individuen in einer unparallelen Stellung so verwachsen, dass sie die Querfläche $a = 100$ gemeinschaftlich haben, und dass auch die in dieser Fläche liegenden aufrechten Kanten $a:m$ oder $m:b$ an beiden parallel sind.

In den Zwillingskrystallen liegen die beiden Individuen gewöhnlich symmetrisch zu einer Ebene, welche Zwillingsebene genannt wird. Die meisten Zwillinge sind demnach symmetrische. Im Gypszwilling sind die Individuen symmetrisch zur Zwillingsebene 100 gelagert. Die Zwillingsebene kann in dem einzelnen Individuum kein Hauptschnitt sein, denn sonst wäre die Verbindung beider kein Zwilling, sondern eine parallele Verwachsung.

Um von der Stellung des einen Individuums zu der des zweiten zu gelangen, kann man sich zuerst beide Individuen in paralleler Stellung, hierauf aber das eine um 180°, und zwar so gedreht denken, dass die geforderte Lage eintritt. Die Linie, welche in diesem Falle als Drehungsaxe fungirt, wird die Zwillingsaxe genannt. Sie ist senkrecht zur Zwillingsebene. In Fig. 160 ist die Zwillingsaxe horizontal und ist senkrecht zur Querfläche 100. Auf die halbe Drehung bezieht sich auch der Ausdruck Hemitropie, welchen Hauy eingeführt hat.

Digitized by Google

Die Vorstellung einer Drehung um 180° ist blos ein didaktisches Hilfsmittel, welches insoferne ganz zweckmässig erscheint, als man dadurch die meisten Zwillinge nachbilden kann, das aber zu Missverständnissen Anlass gab, da manche Autoren glaubten, unter Umständen auch Drehungen von 60°, 90°, 120° annehmen zu dürfen.

Die Zwillingsebene ist häufig eine mögliche Krystallfläche, sie kann aber auch senkrecht zu einer möglichen Krystallfläche sein, ohne dabei parallel irgend einer Krystallfläche zu liegen.

Die Verwachsungsarten der Individuen an den Zwillingen sind nämlich drei:

1. Die Zwillingsebene ist einer möglichen Krystallfläche parallel. Das Beispiel des Gypszwillings, Fig. 160, gehört hieher. In diesem Falle ist also die Zwillingsaxe senkrecht zu einer möglichen Krystallfläche.

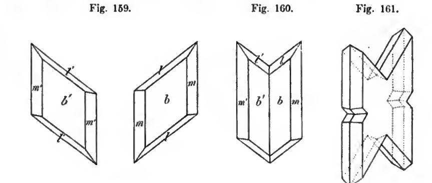


Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161.

2. Die Zwillingsebene ist senkrecht zu einer möglichen Kante Die Zwillingsaxe ist sodann parallel zu einer möglichen Kante, also zu einer möglichen Zone. In dem idealisirten Zwilling von Anorthit, Fig. 162, hat die Zwillingsebene eine zur Kante *Pt* senkrechte Lage. Die Zwillingsaxe ist der Zone *Pthy* parallel.

3. Die Zwillingsebene ist zu einer möglichen Krystallfläche senkrecht und zugleich parallel einer in dieser liegenden Kante. In dem idealisirten Glimmerzwilling Fig. 164 erscheint die Zwillingsebene in der Zone *com* und senkrecht gegen *c*. Hier ist die Zwillingsebene in einer möglichen Zone gelegen. Die Zwillingsaxe ist senkrecht zu einer Kante und liegt in einer möglichen Krystallfläche.

Die Zwillingsebene ist meistens nur solchen Krystallflächen parallel oder normal, welche die einfachsten Indices haben, also den primären Flächen. Wenn eine Zone in Betracht kommt, ist es gleichfalls meist eine solche, deren Zeichen blos einfache Indices enthält.

Die Grenze der beiden Individuen eines Zwillings wird häufig von der Zwillingsebene gebildet. Man sagt sodann, die Zwillingsebene sei zugleich die Berührungs- oder Zusammensetzungsfläche. Zuweilen aber berühren sich beide Individuen in einer zur Zwillingsebene senkrechten Fläche. Fig. 163 stellt einen Anorthitzwilling in der thatsächlich beobachteten Verwachsung vor. Die Individuen berühren sich nicht an der Zwillingsebene, wie es die frühere Figur

Digitized by Google

angibt, sondern in einer dazu senkrechten Fläche. Ebenso verhält sichs bei dem Glimmerzwilling in Fig. 165. In vielen Zwillingen berühren sich die Individuen in keiner ebenen, sondern in einer völlig unebenen Fläche.

Ist die Zusammensetzungsfläche in einem Zwillingskrystall eine ebene, so verlaufen an der Grenze beider Individuen öfters einspringende und ausspringende Kanten, und man erkennt die Grenze an den einspringenden Winkeln, Fig. 160, 165. Wenn aber an der Grenze die Flächen beider Individuen in dieselbe Ebene fallen, so wird in den Fällen, als beide Flächen vollkommen glatt sind, keine Grenze bemerkbar sein, da jedoch häufig auf den Flächen eine feine Streifung erkennbar ist und die Streifensysteme an der Grenze zusammenstossen, so wird die letztere als Zwillingsnaht hervortreten

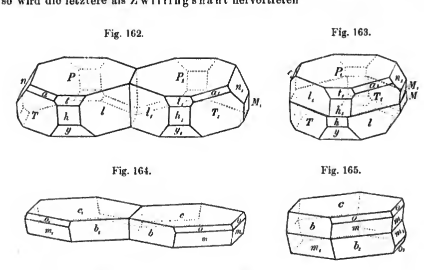


Fig. 162. Fig. 163. Fig. 164. Fig. 165.

Die Zwillinge bilden sich nicht etwa aus früher getrennten Individuen, sondern sie wachsen in der Weise, dass schon die allererste Anlage als ein Doppelindividuum erscheint. Auch bei mikroskopischer Beobachtung sieht man sogleich den Zwilling. Wenn hierauf das Fortwachsen so geschieht, dass die Zwillingsebene auch Grenzebene bleibt, so wird jedes der beiden Individuen, da es über die Grenze hinaus sich nicht ausbildet, für sich betrachtet wie ein halber Krystall aussehen, es wird verkürzt erscheinen, Fig. 160. Wenn hingegen die Zwillingsebene nicht Grenze bleibt, sondern die Individuen sich auch jenseits derselben vergrössern, also über jene Ebene hinauswachsen, so entstehen Durchwachsungs- oder Durchkreuzungszwillinge, deren Individuen in voller Ausbildung erscheinen, Fig. 161.

Man unterscheidet demnach Berührungs- und Durchwachsungszwillinge (Juxtapositions- und Penetrationszwillinge). Manche der letzteren erscheinen als wahre Durchdringungszwillinge, indem beide Individuen so vollständig durch einander wachsen, dass nach aussen eine scheinbar einfache Krystallform entsteht. (Quarz Fig. 193 und 194.)

Digitized by Google

Unter den Zwillingskrystallen, welche aus hemiëdrischen oder tetartoëdrischen Individuen bestehen, kommen auch solche vor, welche nicht symmetrisch sind, immerhin aber dem allgemeinen Gesetze der Gemeinschaftlichkeit einer gleichen Kante und daranliegenden gleichen Fläche gehorchen. Ein Beispiel ist der Quarzzwilling in Fig. 166.

Die Zwillinge hemiëdrischer, tetartoëdrischer und hemimorpher Individuen zeigen öfters die Individuen in symmetrischer Lage bei paralleler Stellung der Axen. Haidinger nannte sie Ergänzungs-Zwillinge. Sie bestehen aus Individuen, welche in den abwechselnden Stellungen verwachsen sind. So kommt ein rechter mit einem linken Quarzkrystall in paralleler Stellung der Prismen und Rhomboëderflächen beider Individuen verwachsen vor, Fig. 195, oder es finden sich

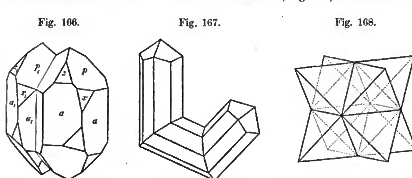


Fig. 166. Fig. 167. Fig. 168.

zwei Tetraëder in den abwechselnden Stellungen verbunden, Fig. 168, oder zwei hemimorphe Krystalle des Kieselzinkerzes in den entgegengesetzten Stellungen.

Diese Art der Zwillinge bildet den Uebergang von den parallelen Verwachsungen zu den eigentlichen Zwillingen. Man hat hier nicht nöthig, nach einer Zwillingsaxe zu suchen, weil durch die Angabe der parallelen Stellung alles Nöthige gesagt ist. Diese Zwillinge sind alle symmetrisch, und zwar zu einer solchen Ebene, welche beim Eintreten der entsprechenden Hemiëdrie oder Hemimorphie aufgehört hat, Symmetrieebene zu sein. Es tritt hier also gleichsam eine Restitution der früheren Symmetrie ein und die beiden Stellungen ergänzen sich gleichsam zu einem holoëdrischen Complex.

Eine und dieselbe Zwillingsbildung wiederholt sich zuweilen, und zwar kann diese fortgesetzte Bildung in zweierlei Weise geschehen. Im ersten Falle setzt sich an das zweite Individuum ein drittes nach dem gleichen Zwillingsgesetz an, ohne jedoch dem ersten Individuum parallel zu sein, und es entsteht ein Drilling, Fig. 167. Rutil. Die Vereinigung von vier Individuen nach dem gleichen Zwillingsgesetz und ohne Parallelismus der Individuen liefert einen Vierling u. s. f. Man kann derlei unparallele Fortsetzungen derselben Zwillingsbildung als Wendezwillinge bezeichnen. Die Erscheinung beruht darauf, dass bei der Fortsetzung nicht dieselbe Krystallfläche Zwillingsebene bleibt, sondern eine andere, welche aber mit der vorigen krystallographisch gleichwerthig ist. Also z. B. 110 und $1\bar{1}0$. Derlei Fortsetzungen liefern öfter fächerförmige oder radförmige Bildungen.

Im zweiten Falle setzt sich an das zweite Individuum nach demselben Gesetze ein drittes, dessen Stellung aber dieselbe ist wie die des ersten Individuums, ferner ein viertes Individuum, dessen Stellung dieselbe wie die des zweiten, ein fünftes, dessen Stellung dieselbe wie die des ersten und dritten u. s. f. Fig. 171. Albit. Wenn bei dieser Art der Zwillingsbildung die Zusammensetzungsflächen einander parallel sind, so kann die Wiederholung der Individuen in abwechselnder Stellung vielmals stattfinden, wodurch polysynthetische Z. oder Zwillingsstöcke gebildet werden, die an den Seiten eine Wiederholung ein- und ausspringender Winkel darbieten. Werden dabei die einzelnen Individuen blattartig dünn und endlich ungemein dünn, so werden die ein- und ausspringenden Kanten schliesslich nur als feine Riefen erscheinen, welche Erscheinung als Zwillingsstreifung bezeichnet wird, während sie eigentlich Zwillingsriefung genannt werden sollte. Bei den Wiederholungszwillingen ist, wie man leicht erkennt, die Fortsetzung derartig, dass stets genau dieselbe Krystallfläche als Zwillingsebene fungirt, die Fortsetzung also eine parallele ist.

52. Beispiele. In jedem der Krystallsysteme gibt es Fälle von Zwillingsbildungen, und zwar sowohl von solchen, die nur aus Doppelindividuen bestehen, als auch von mehrfach zusammengesetzten Zwillingen.

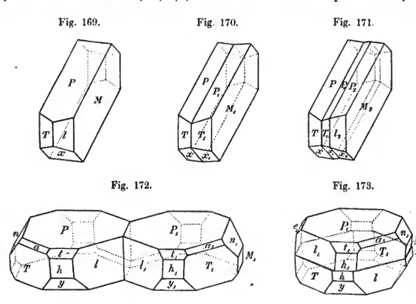
Unter den triklin krystallisirten Mineralen zeigt der Albit fast immer eine Zwillingsbildung nach dem Gesetze: Zwillingsebene die Längsfläche $M = (010)$. Die Verwachsung erfolgt an derselben Fläche. Die Fig. 169 stellt einen einfachen Krystall dar, an welchem die Endfläche P, die Längsfläche M, ferner die Prismenflächen T, l und x zu sehen sind. Der Zwillingskrystall Fig. 170 zeigt in Folge der Verkürzung vorne blos die Fläche T des einen und des anderen Individuums, unterhalb treffen die Flächen x und x_1 in einer ausspringenden Kante, oberhalb aber P und P_1 in einer einspringenden Kante zusammen, hinten erscheinen wieder in Folge der Verkürzung nur die Flächen l der beiden Individuen.

Diese Zwillingsbildung wiederholt sich aber und liefert Zwillingsstöcke, in welchen oft sehr viele, äusserst dünne Individuen in abwechselnder Stellung vorhanden sind. Fig. 171 gibt eine Verwachsung dreier Individuen an, das dritte hat dieselbe Stellung wie das erste, weil aber jetzt der Raum nach rechts der Ausbildung freien Spielraum lässt, so erscheint am dritten Individuum die Fläche l, während am ersten blos T erschien. Oberhalb und unterhalb zeigen sich jetzt aus- und einspringende Winkel durch das Zusammentreffen der Flächen P und x von Seiten der einzelnen Individuen. Denkt man sich diese Bildung fortgesetzt, so erhält man blasebalgähnliche Anreihungen. Bei der ungemein geringen Ausdehnung der einzelnen Individuen zeigen aber die Zwillingsstöcke des Albits gewöhnlich nur feine Riefen parallel den Kanten $P : M$ und $M : x$. Weil in dem monoklinen System die Fläche M die Symmetrieebene ist, so liefert eine symmetrische Verwachsung parallel M hier keine Zwillinge. Dieses Zwillingsgesetz ist daher nur in dem triklinen Systeme möglich und daher liefern blos die triklinen Feldspathe solche Zwillingsstöcke, welche auf P die

Digitized by Google

Riefen erkennen lassen, welche der Kante $P : M$ parallel sind. Daraus ergibt sich ein wichtiges Kennzeichen der triklinen Feldspathe. Weil bei denselben das eben genannte Zwillingsgesetz herrscht, so kann man aus der abwechselnden Stellung der Individuen parallel M oder aus jener Riefung auf die triklinen Feldspathe schliessen.

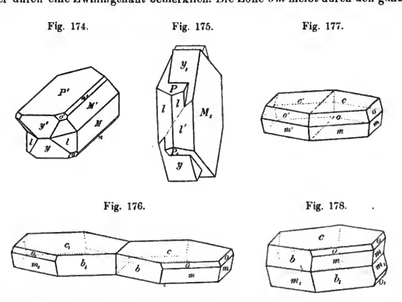
Noch ein anderes Zwillingsgesetz macht sich bei vielen Gliedern aus der Reihe der triklinen Feldspathe geltend. Es lautet dahin, dass die Zwillingsebene senkrecht ist zu der Zone $100 : 001$. Diesem Gesetze folgen unter anderen auch viele Zwillinge des Anorthites. Fig. 172 zeigt zwei Krystalle von Anorthit, deren jeder von den Flächen P, M, T, l, ausserdem von dem Querprisma $t = (20\bar{1})$,



$y = (20\bar{1})$ und der Querfläche $h = 100$, endlich von einer Prismenfläche $n = 0\bar{2}1$ begrenzt ist, in der symmetrischen Stellung zu einer Ebene, welche zur Zone $Pthy$ senkrecht ist. Demnach erscheinen vorn auch die Flächen T der beiden Individuen entfernt, die Flächen l hingegen nahe an der Zwillingsebene und überhaupt alle die Flächen symmetrisch gegen die letztere Ebene gelagert. Die Zwillingskrystalle des Anorthits, welche diesem Gesetze folgen, sind aber in der Weise ausgebildet, dass die beiden Individuen nicht zu beiden Seiten der Zwillingsebene lagern, sondern ihre gegenseitige Stellung beibehaltend, übereinander gelagert erscheinen, wie dieses Fig. 173 darstellt. Hier ist also die Zwillingsebene nicht zugleich die Berührungsebene, sondern eine dazu senkrechte Fläche und die beiden Individuen grenzen sich so ab, wie es das Wachsthum der Krystalle erfordert. Die Flächen beider Individuen treffen also in Kanten zusammen, deren Lauf durch das Zusammentreffen der Flächen T und l_1, T_1 und l etc. verursacht wird, während in der Figur diese Flächen gegeneinander abgesetzt

erscheinen. Der Zwilling ist, wie leicht ersichtlich, ein solcher, dessen richtige Auffassung keine leichte Aufgabe war. Erst Gerhard vom Rath gelang es, das Zwillingsgesetz aufzufinden und diese merkwürdige Zwillingsbildung zu enträthseln.

In dem monoklinen Systeme herrscht sehr häufig ein Zwillingsgesetz, welches eine zur Symmetrieebene senkrechte Fläche als Zwillingsfläche angibt. An dem Gypszwilling, Fig. 160, ist es die Querfläche 100, welche zugleich Zwillings- und Verwachsungsebene ist. Die Längsflächen *b* der beiden Individuen fallen am Zwilling in dieselbe Ebene, doch macht sich die Grenze beider Individuen öfter durch eine Zwillingsnaht bemerklich. Die Zone *bm* bleibt durch den ganzen

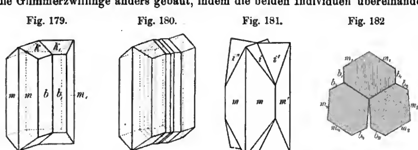


Zwilling erhalten. Die Pyramidenflächen *l* bilden ein- und ausspringende Kanten. Durchwachsungszwillinge, wie Fig. 161, kommen auch öfter vor.

Der Orthoklas oder monokline Feldspath liefert oft Zwillinge, welche zu den Durchwachsungs-Zwillingen gehören. Die Fig. 175 stellt einen dieser Zwillinge dar, welche nach einem Fundorte häufig Karlsbader Zwillinge genannt werden. Er entspricht dem zuvor genannten Gypszwilling. Die beiden Krystallindividuen erscheinen aber gleichsam in einander geschoben und ihre Grenze ist eine eckig verlaufende Linie. Die Flächen des einen Individuums sind durch gestrichelte Buchstaben von denen des anderen unterschieden Man kann hier, wie beim Gyps, die Querfläche 100 als Zwillingsebene betrachten, doch ist klar, dass ebensogut eine Ebene, welche die Zone *lM* senkrecht durchschneidet, welche also in der Figur ungefähr horizontal liegt, als Zwillingsebene und dementsprechend die Axe jener Zone als Zwillingsaxe angenommen werden kann. Es hängt also hier vom Belieben ab, das Zwillingsgesetz in dieser oder jener Weise auszudrücken.

Andere Orthoklaszwillinge folgen dem Gesetze: Zwillingsebene die Endfläche $P = 001$. In Fig. 174 ist ein solcher Fall dargestellt. Die Verwachsung findet an der Zwillingsebene statt. Die Krystallflächen erhalten die Bezeichnung $P = (001)$, $M = (010)$, $l = (110)$, $y = (\bar{2}01)$, $n = (021)$, $o = (\bar{1}11)$.

Die Glimmer bieten häufig Zwillinge dar, welche in zweierlei Ausbildung auftreten. Die Zwillingsfläche ist senkrecht auf der Endfläche c und parallel der Kante $c:m$. Die Fig. 177 zeigt einen Zwilling, welcher nach dieser Regel gebildet ist. Die beiden Individuen befinden sich in den Stellungen, welche in Fig. 176 angegeben sind. Im Zwilling erkennt man die Zwillingsebene, an welcher zugleich die Verwachsung stattfindet, an einer Zwillingsnaht. In der Zeichnung ist die Grenze punktirt. Die beiden Individuen sind im Zwilling verkürzt und mit gleicher Grösse ausgebildet. In der Mehrzahl der Fälle sind aber die Glimmerzwillinge anders gebaut, indem die beiden Individuen übereinander


Fig. 179. Fig. 180. Fig. 181. Fig. 182

gelagert erscheinen. Fig. 178 gibt eine Vorstellung von einem solchen Zwilling. Die beiden Individuen, von welchen das früher rechts gelegene jetzt oberhalb liegt, berühren sich mit den c-Flächen und bilden an den Seiten ein- und ausspringende Kanten. Oft lagern viele Individuen in abwechselnden Zwillingsstellungen übereinander und bilden Säulchen mit vielen horizontalen Riefen.

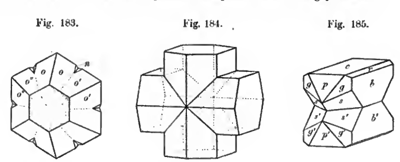
Im rhombischen System sind die Zwillingsebenen meistens Prismenflächen, weil die Endflächen hier sämmtlich den Hauptschnitten parallel sind und die Fläche 111 als Zwillingsfläche in den Krystallsystemen von geringeren Symmetriegraden seltener vorkömmt. Ein Beispiel ist der Zwillingskrystall des Aragonits, Fig. 179, welcher nach dem Gesetze: Zwillingsebene die Prismenfläche 110, gebildet ist. Die Individuen sind auch an dieser Fläche mit einander verbunden. Wenn sich, wie es nicht selten der Fall ist, die Zwillingsbildung wiederholt, so tritt entweder der Fall ein, dass die Wiederholung an jedem folgenden Individuum an derselben Fläche geschieht, z. B. an der Fläche $\bar{1}10$, wie in Fig. 180; dann sind immer die abwechselnden Individuen, also 1, 3, 5, einander parallel und es entsteht ein Zwillingsstock, oder aber die Fortsetzung der Zwillingsbildung geschieht in der Art, dass ein Individuum mit einem zweiten an der Fläche $1\bar{1}0$, mit einem dritten aber an der Fläche 110 verbunden ist, und es entsteht ein Wendezwilling. Obwohl also das Zwillingsgesetz das nämliche, erzeugen sich doch auf solche Weise andere Verwachsungen, nämlich Drillinge und Vierlinge, wie z. B. der Drilling in Fig. 181.



In Fig. 182, welche einen Drilling von oben gesehen darstellt und die Endflächen der Individuen parallel *b* gerieft zeigt, lagern drei Individuen aneinander, doch bleibt, weil das Prisma des Aragonits nicht 120°, sondern blos 116° 10' misst, noch eine Lücke. Diese wird gewöhnlich durch das Weiterwachsen eines der drei Individuen ausgefüllt, zuweilen findet ein viertes Individuum daselbst ein bescheidenes Plätzchen. Es kommt aber bei diesen Drillingen und Vierlingen häufig vor, dass von einem Individuum sich blattförmige Fortsätze in die anderen erstrecken, so dass schliesslich ein complicirtes Gewebe gebildet wird, wie solche Beispiele von Leydolt, welcher die Aetzung der Platten zu Hilfe nahm, beschrieben wurden.

Drillingskrystalle, welche Durchwachsung zeigen, bietet öfter der Chrysoberyll, s. Fig. 183. Die Zwillingsebene entspricht einem Längsprisma 031.

Fig. 183. Fig. 184. Fig. 185.



Ein Mineral, das rhombische Krystalle zeigt und oft Durchkreuzungszwillinge liefert, ist der danach benannte Staurolith. Ein Zwilling wird durch Fig. 184 versinnlicht. Die Zwillingsfläche ist hier eine Domenfläche (032), welche gegen die aufrechte Axe unter 44° 12' geneigt ist, daher das Zwillingskreuz beinahe rechtwinkelig ist.

Ein merkwürdiger Zwillingskrystall ist auch der in Fig. 185 abgebildete, welcher am Kieselzinkerz beobachtet wurde. Derselbe zeigt zwei hemimorphe Individuen an der Endfläche 001 verbunden, welche an dem einzelnen Individuum keine Symmetrieebene ist. (Vergleiche Fig. 37.)

Krystalle des tetragonalen Systems erscheinen öfters in Zwillingsverwachsung, indem entsprechend dem Gesetze, welches im vorigen Systeme gewöhnlich herrscht, eine Fläche der verwendeten Pyramide (101) die Zwillingsfläche abgibt. Nach diesem Gesetze sind die Zwillinge des Zinnerzes gebildet, Fig. 186, deren Individuen kurz-säulenförmig gestaltet sind und an denen durch das Zusammentreffen der Pyramidenflächen ein einspringender Winkel entsteht. Diese Stelle der Zwillinge wurde öfters mit dem Visir eines Helmes verglichen, daher der Ausdruck Visirgraupen. Entsprechende Zwillingsbildungen werden beim Rutil beobachtet, welcher meist langgestreckte Krystalle liefert. Die Zwillinge sind knieförmig, wie jener in Fig. 187, und es kommen auch häufig Drillinge vor, wie dies Fig. 188 angibt und durch Fortsetzung derselben Bildungsweise Vierlinge etc.

Die holoëdrisch krystallisirten Minerale des hexagonalen Systems zeigen selten eine Zwillingsbildung, desto häufiger sind solche in der rhomboëdrischen Abtheilung.

Die Zwillingsbildungen des Kalkspathes folgen häufig der Regel, nach welcher die Zwillingsebene der Endfläche parallel erscheint, welche in der rhomboëdrischen Abtheilung keine Symmetrieebene ist. Ein Zwilling, dessen Individuen Skalenoëder $R3$ sind, hat das Ansehen wie Fig. 189. Die Zwillingsgrenze verläuft horizontal und es folgen an derselben einspringende und ausspringende Kanten.

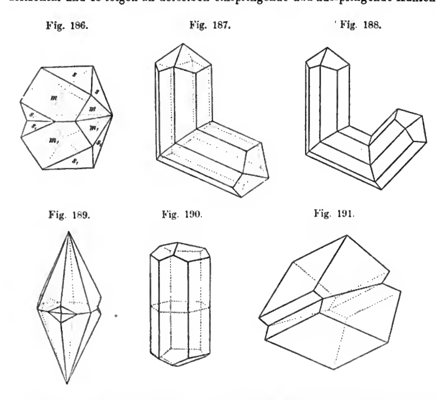


Fig. 186. Fig. 187. Fig. 188.

Fig. 189. Fig. 190. Fig. 191.

Individuen mit den Flächen $\infty R. - \frac{1}{2}R$ geben nach demselben Gesetze den Zwilling in Fig. 190, an welchem die Zwillingsgrenze verschwindet, aber der Vergleich mit dem einfachen Krystall in Fig. 117 lässt alsbald die Zwillingsnatur erkennen.

Ein anderes Zwillingsgesetz, welches am Kalkspath ungemein häufig beobachtet wird, lautet dahin, dass die Zwillingsebene parallel einer Fläche des Rhomboëders $- \frac{1}{2}R$ ist. In Fig. 191 erscheinen zwei Individuen von der Form des Grundrhomboëders in dieser Weise verbunden. Gewöhnlich wiederholt sich diese Zwillingsbildung.

Beispiele von Zwillingen mit tetartoëdrischen Individuen liefert der Quarz. Man sieht zuweilen zwei Individuen in der Art verbunden, wie es die Fig. 192

Digitized by Google

angibt. Man kann den Zwilling durch Hemitropie nachahmen, wobei eine auf a senkrechte Linie Drehungsaxe ist. Dennoch ist der Zwilling ein unsymmetrischer. Die Fläche $p = + R$ des einen Individuums ist parallel der Fläche $z = - R$ des zweiten, die Prismenflächen beider sind einander parallel. Die beiden Individuen sind aber selten in dieser Weise aneinander gewachsen, häufig dagegen erscheinen sie durcheinander gewachsen, so dass ein scheinbar einfacher Krystall entsteht. Treten an einem solchen Durchdringungszwilling jene Trapezflächen x auf, welche den Quarz als tetartoëdrisch charakterisiren, so erscheint er wie in Fig. 193. Anstatt dass die Trapezflächen blos an den abwechselnden Ecken auftreten, wie an einem einfachen Krystall (vergl. Fig. 126), sind dieselben an diesem Zwilling an allen aufeinander folgenden Ecken zu beobachten. Die beiden Individuen in diesem scheinbar einfachen Krystall sind

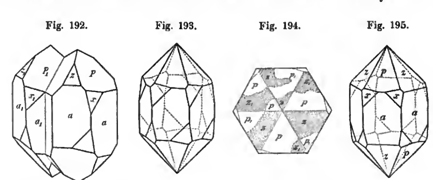


Fig. 192. Fig. 193. Fig. 194. Fig. 195.

manchmal ebenflächig gegen einander abgegrenzt, meistens aber unregelmässig krummflächig, wie dies die Fig. 194 andeutet, welche den Zwillingskrystall von oben gesehen darstellt. Die Grenzen der Individuen sind punktirt, die Flächen z beider Individuen dunkel angelegt. Jedes Individuum erscheint demnach zweimal an der Oberfläche des Krystalls. Da manchmal die z-Flächen beider Individuen matt, die r-Flächen aber glänzend erscheinen, so tritt in solchem Falle die in der obigen Figur angedeutete Erscheinung ein, welcher gemäss an den Kanten immer matte und glänzende Stellen aneinander grenzen. Die Deutung dieses merkwürdigen Wechsels hat zuerst G. Rose auf Grund des bezeichneten Zwillingsgesetzes gegeben.

Der Quarz bildet öfters auch Ergänzungszwillinge, indem ein rechter und ein linker Krystall mit einander in paralleler Stellung verbunden erscheinen. Der gleichförmig ausgebildete Zwillingskrystall hat die Form wie Fig. 195. Der Vergleich mit den Fig. 126, 127 zeigt, dass die beiden tetartoëdrischen Individuen einer Fläche des verwendeten Prisma symmetrisch liegen. Sie ergänzen einander in der Weise, dass der Zwillingskrystall in der That so aussieht, wie ein rhomboëdrischer Krystall, woran die Flächen x ein Skalenoëder darstellen würden.

Im tesseralen System bieten die holoëdrisch krystallisirten Minerale ziemlich häufig Zwillinge dar, welche dem Gesetze gehorchen, das eine zur

Digitized by Google

Oktaëderfläche parallele Ebene als Zwillingsebene annimmt. Wenn die einzelnen Individuen selbst die Oktaëderform an sich tragen, so ergeben sich Zwillinge wie in Fig. 196, wie sie am Spinell, Magneteisenerz u. s. w. vorkommen. Am Gold, Silber, Kupfer und anderen Mineralen zeigen sich häufig Zwillinge nach dem gleichen Gesetze, in welchem aber die Individuen die Flächen des Hexaëders oder eines Tetrakishexaëders, Ikositetraëders u. s. f. darbieten. Nach dem gleichen Gesetze ist auch der Zwilling in Fig. 197 gebildet, der zwei Hexaëder zeigt,

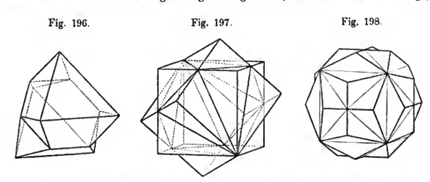


Fig. 196. Fig. 197. Fig. 198.

welche einen Durchdringungs-Zwilling darstellen. Derselbe kommt am Flussspath häufig vor.

Die hemiëdrischen Abtheilungen zeigen entweder Zwillinge nach demselben Gesetze wie die holoëdrische, oder die Individuen bilden Ergänzungs-Zwillinge, wie z. B. den in Fig. 168, auf pag. 81, welcher zwei Tetraëder in den ergänzenden Stellungen darbietet. Der Diamant zeigt zuweilen derlei Verwachsungen. Ein anderes Beispiel ist der am Pyrit öfter vorkommende Zwilling in Fig. 198, welcher Zwilling des eisernen Kreuzes genannt worden, und zwei Pentagon-Dodekaëder in den beiden Stellungen zeigt. Die beiden letzten Beispiele sind demnach Durchwachsungszwillinge.

53. Zwillinge höheren Grades. Die Zwillingsbildungen, welche aus mehr als zwei Individuen bestehen, können nach dem Vorgesagten entweder

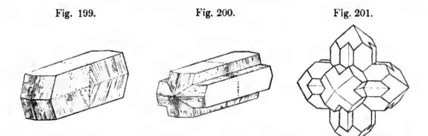


Fig. 199. Fig. 200. Fig. 201.

Wendezwillinge oder Zwillingsstöcke sein. In beiden Fällen bieten sie eine Fortsetzung desselben Zwillingsgesetzes dar. Es gibt aber auch solche zwillingsartige Verwachsungen, die aus mehr als zwei Individuen bestehen, und welche eine

Bildung nach zwei verschiedenen Zwillingsgesetzen darbieten, ja es kommen auch Verwachsungen vor, die drei, vier, fünf verschiedene Zwillingsgesetze erkennen lassen. Derlei oft ganz ungemein verwickelte Verbindungen von einer grösseren Anzahl von Individuen sind als Zwillinge höheren Grades zu bezeichnen. Ein Beispiel dafür gibt der Phillipsit Die monoklinen Krystalle desselben erscheinen als Durchkreuzungszwillinge, wie in Fig. 199, in welchen 001 die Zwillingsebene. Diese verbinden sich gewöhnlich zu zweien gemäss einem anderen Gesetze, welches 011 als Zwillingsebene ergibt. Fig. 200. Zuweilen erscheinen aber drei Complexe der letzteren Art nach einem ferneren Gesetze, nämlich nach 110 als Zwillingsebene verbunden und geben Verwachsungen, wie in Fig. 201. In diesen Gebilden von 9 Symmetrieebenen haben die Individuen zwölf verschiedene Stellungen. Andere Beispiele liefern die als Plagioklas bezeichneten triklinen Feldspathe, welche oft verwickelte Bildungen nach mehreren Zwillingsgesetzen darbieten.

54. Mimetische Krystalle. Mehrere Minerale niederen Symmetriegrades, deren Krystallform einzelne Winkel darbietet, welche sich den Winkel der Formen höheren Symmetriegrades nähern, zeigen durch gleichzeitige Ausbildung ungleichartiger Flächen häufig Combinationen, welche einer höheren Symmetrie zu entsprechen scheinen. Monokline Minerale, denen ein Prismenwinkel von ungefähr 60° zukommt, wie Biotit, Klinochlor, bieten oft einen Querschnitt, welcher einem regelmässigen Sechseck sehr nahe kommt. Die Combinationen haben nicht selten einen rhomboëdrischen Typus. Rhombische Minerale, deren Prismenwinkel beiläufig 60° beträgt, wie Cordierit, Glaserit, Carnallit erscheinen oft in Krystallen von hexagonaler Symmetrie. Rhombische Minerale, deren Prisma nahe 90° misst, zeigen Combinationen von tetragonalem Ansehen, wie der Autunit. Derlei Krystalle, welche Grenzformen darbieten, nehmen demnach öfters eine Symmetrie höheren Grades an. Dieses Voraneilen der Symmetrie an einfachen Krystallen kann man als Pseudosymmetrie bezeichnen.

Derlei pseudosymmetrische Individuen bilden aber häufig Zwillingsstöcke, Wendezwillinge und Zwillinge höheren Grades, welche nicht nur die höhere Symmetrie äusserlich vollständig erfüllen, sondern auch in ihren Flächenwinkeln diesen Krystallsystemen beinahe genau entsprechen. Diese stets aus vielen Individuen in complicirter Weise aufgebauten Zwillingsbildungen zeigen demnach Gestalten, welche die Formen eines Krystallsystemes höherer Ordnung nachahmen. Sie werden hier mimetische Krystalle und die Erscheinung wird Mimesie genannt.

Diese verwickelten Bildungen, welche man bis in die letzte Zeit für einfache Krystalle gehalten hat, verdanken ihre Form dem Umstande, dass bei Grenzformen die Zwillingsbildung gleichzeitig nach allen ähnlich gelegenen Ebenen stattfindet. Jede Zwillingsebene liefert aber eine Symmetrieebene des ganzen Baues. Die mimetischen Krystalle täuschen durch die vollkommen geschlossene Form, oft auch durch Ebenheit der Flächen, so dass man die Zwillingsbildung öfters durch die Messung der Kanten nicht eruiren, sondern

Digitized by Google

hlos durch aufmerksame physikalische, besonders optische Untersuchungen erkennen kann.

Die Prüfung der mimetischen Krystalle hat schon in mehreren Fällen jene Erscheinungen aufgeklärt, welche bisher als Anomalieen, als unerklärliche Abweichnngen von der gleichmässigen Bildung betrachtet wurden. Dahin gehört erstens die Wahrnehmung, dass an den Krystallen mancher Minerale die Winkel stark variiren, dass ferner die Winkel an demselben Krystalle, die man als gleich betrachtete, von einander abweichen, z. B. am Leucit, Chabasit; zweitens die Beobachtung, dass die Oberfläche mancher Krystallo Streifungen, Zeichnungen und Krümmungen darbietet, welche mit dem angenommenen Krystallsystem nicht im Einklange stehen, z. B. am Senarmontit; drittens die Beobachtung einer Spaltbarkeit, welche der angenommenen Symmetrie nicht entspricht, z. B. an manchem Kalifeldspath; viertens das Auftreten optischer Erscheinungen, welche dem vorausgesetzten Krystallsysteme widersprechen, was an allen mimetischen Krystallen beobachtet wurde, und wovon später noch die Rede sein wird.

Ein einfaches Beispiel mimetischer Form gibt jener Kalifeldspath, dessen Krystalle aus triklinen Individuen zusammengesetzt sind und welcher den Namen Mikroklin erhalten hat. Die Krystalle erscheinen monoklin, bestehen aber aus ungemein vielen Individuen, welche parallel der Zwillingsfläche, welche die Längsfläche 010 ist, aneinandergefügt sind. Fig. 202. Es ist dieselbe Art der wiederholten Zwillingsbildung, welche auch am Albit vorkommt und welche in Fig. 171 dargestellt ist, jedoch sind dort alle Individuen dicker als bei dem Mikroklin, dessen Individuen von solcher Dünne sind, dass sie durch die feinen Striche in obiger Figur noch viel zu grob angegeben werden. Da der Winkel, welchen die Endfläche 001 und Längsfläche 010 des Mikroklins mit einander bilden, 89° 40′ beträgt, also einem rechten Winkel sehr nahe kommt, so sind an den Zwillingsstöcken die einspringenden Kanten kaum zu bemerken.

Die Sammelindividuen des Mikroklins zeigen äusserlich die Symmetrie des nächst höheren Grades, sie erscheinen monoklin, daher sie auch früher für Orthoklas gehalten wurden, bis Descloizeaux zeigte, dass hier mimetische Formen vorliegen. Man beobachtet öfters auch Zwillingsbildungen des Mikroklins von der Form der Karlsbader Krystalle in Fig. 175. Hier bilden also die Sammelindividuen einen groben Zwilling nach einem anderen Gesetze, als jenes ist, nach welchem sie selbst aufgebaut sind.

Unter den mimetischen Formen, welche eine rhomboëdrische Symmetrie darbieten, sind jene des Chabasits ein ziemlich einfaches Beispiel. Der Chabasit bildet Krystalle von der Form eines Rhomboëders, Fig. 203, dessen Flächen eine Riefung zeigen, die man von treppenartig auftretenden Skalenoëderflächen ableiten könnte. Die Krystalle sind aber nach Becke's Untersuchungen aus mehreren Individuen zusammengesetzt, welchen eine trikline Form zukommt. Die drei Winkel, welche am Rhomboëder gleich wären, betragen nämlich 83°42′, dann 85°32′ und 85°5′. Jedes Riefensystem auf den Krystallflächen gehört einem besonderen Individuum an, so dass man im Ganzen sechs Indivi-

Digitized by Google

duen unterscheiden kann, welche regelmässig durcheinander gewachsen sind. Von diesen endigen immer vier in einer Fläche des scheinbaren Rhomboëders und sind durch Zwillingsnähte getrennt. Die Fig. 204 zeigt dieses Verhältnis in der Oberansicht des Krystalls. Die Individuen I und II, welche sowie die übrigen ihre Endflächen hinaus wenden, sind mit der Prismenfläche 110 als Zwillingsebene verbunden, während die Individuen II und III mit einer anderen Prismenfläche, nämlich 011 einander berühren u. s. f. Der Chabasit bildet auch Durchdringungszwillinge, ähnlich wie Fig. 197, in welchen die eben geschilderten Sammelindividuen nach einem dritten Gesetze verbunden sind.

Unter den Beispielen von tetragonaler Symmetrie steht der Apophyllit obenan, welcher nach Rumpf aus vielen monoklinen Individuen zusammengesetzt ist. Die Krystalle tragen vorwiegend Flächen an sich, welche einer

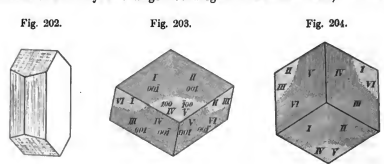


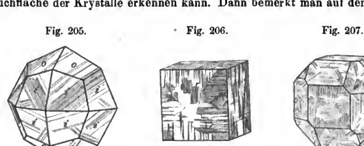
Fig. 202. Fig. 203. Fig. 204.

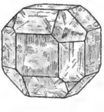
tetragonalen Pyramide und dem verwendeten Prisma entsprächen, sie sind aber aus sehr vielen Individuen aufgebaut, welche nach zwei verschiedenen Zwillingsgesetzen mit einander verbunden sind, und die Flächen des aufrechten Prisma, sowie des negativen Querdoma nach aussen wenden. Der complicirte Bau macht sich durch viele Riefen und kleine Erhabenheiten auf den Flächen bemerkbar.

Ein sehr bekanntes Beispiel mimetischer Form mit tesseraler Symmetrie bietet der Leucit, welcher meistens in rundum ausgebildeten Krystallen auftritt. Letztere zeigen die Form des Ikositetraëders (211), an welcher nur selten eine Andeutung des Rhombendodekaëders durch kleine Flächen erkennbar ist. Weil die Form jenes Ikositetraëders für den Leucit charakteristisch ist, so hat man dieselbe das Leucitoëder genannt und der Leucit galt als ein ausgezeichnetes Beispiel des tesseralen Krystallsystemes, bis Gerhard vom Rath an glänzenden Krystallen eine Zwillingsbildung erkannte, welche die Fläche des Rhombendodekaëders als Zwillingsebene voraussetzt, was im holotesseralen System nicht vorkommen kann, und bis derselbe Beobachter durch Messungen zeigte, dass die Winkel des Leucits nicht dem tesseralen, sondern dem tetragonalen System entsprechen. Nach dieser Auffassung wären die Flächen *o* die einer tetragonalen Pyramide $P = (111)$, während die Flächen *i* einer achtseitigen Pyramide $4P2 = (421)$ angehören. Fig. 205. Die Krystalle sind aber niemals einfach, sondern sie bestehen immer aus ungemein vielen dünnen Lamellen in zwillingsartiger Verwachsung, wovon die obige Figur eine Andeutung gibt.

Diese Lamellen liegen parallel der genannten Zwillingsebene, welche in dem Falle, als ein tetragonales System adoptirt wird, eine Fläche der verwendeten Pyramide $2P\infty = (201)$ ist. Da jedoch letztere Form aus vier Flächenpaaren besteht, so kann jedes derselben eine Zwillingsebene angeben, folglich kann eine vierfache Zwillingsbildung eintreten, wodurch an das Hauptindividuum vier andere Individuen in Zwillingsstellung angefügt werden und wodurch schliesslich fünf verschiedene Stellungen der einzelnen Individuen entstehen. Man erkennt das Vorhandensein der vielen dünnen Zwillingslamellen zuweilen als Linien auf den glatten Flächen der Krystalle, in der Mehrzahl der Fälle aber ist die Verwachsung eine etwas andere, indem die einzelnen Individuen nicht flach ausgedehnt erscheinen, sondern eine Stäbchenform annehmen, die man auf der Bruchfläche der Krystalle erkennen kann. Dann bemerkt man auf den Flächen

Fig. 205. Fig. 206. Fig. 207.





des Krystalls keine Linien mehr, jedoch erscheint jetzt die Fläche aus ungemein vielen Facetten zusammengesetzt, welche aber in ihrer Lage wenig von einander abweichen und daher nur bei sehr aufmerksamer Beobachtung wahrgenommen werden. Auf Grund optischer Untersuchungen hält Mallard die Individuen des Leucits für monoklin. Die Leucitkrystalle zeigen zuweilen auch deutliche Zwillinge, die nach dem früher genannten Gesetze gebildet sind.

Zu den mimetisch-tesseralen Krystallen gehören auch jene des Perowskits. An manchen derselben erkennt man die Zusammensetzung aus vielen Individuen schon an der Oberfläche der würfelförmigen Krystalle, wovon Fig. 206 eine Vorstellung gibt. Die feinen Erhabenheiten zeigen zuweilen die Form eines vierseitigen Prisma, welches mit einem Flächenpaar zur Oberfläche des Scheinwürfels parallel ist. Diese Prismen stossen oft unter 45° zusammen. Die Ebenen, welche am Würfel (100) und (110) wären, fungiren als Zwillingsebenen. Nach den Erscheinungen beim Aetzen sind die Individuen für monoklin zu halten.

Ein Beispiel für Mimesie gibt auch der Boracit. Die Formen sind anscheinend tetraëdrisch. Auf den Flächen sieht man öfters eine feine Riefung, welche Fig. 207 mit übertriebener Deutlichkeit angibt. Die Zwillingsebenen haben am Würfel die Lagen (110). Die Individuen, welche als hemimorph-rhombisch oder als monoklin aufgefasst werden können, sind nach (110) oder (111) gestreckt.

Ueber die mimetischen Formen im Allgemeinen handeln: Mallard, Annales de mines Bd. 10 (1876), Autor, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 31, pag. 637 (1879); Ueber d. Mikroklin: Descloizeaux, Comptes rend. Bd. 82, pag. 16 (1876);

Digitized by Google

Chabasit: Becke, Tschermak, Mineral. u. petrograph. Mittheil., Bd. 2, pag. 391; Apophyllit: Rumpf, ebendas. pag, 369; Leucit: G. vom Rath, Jahrb. f. Mineralogie, 1873, pag. 111; Perowskit: Baumhauer, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 4, pag. 187. Boracit: Mallard, Bull. soc. min. Bd. 5. pag. 144.

55. Erklärung. Die Bildung der Zwillingskrystalle lässt sich mit Zuhilfenahme der Moleculartheorie als eine bei der Entstehung des Krystalls durch bestimmte Umstände herbeigeführte Erscheinung darstellen. Die Molekel, welche bei der Krystallisation aus dem beweglichen Zustande in den starren übergehen, verlieren allmälig die Geschwindigkeit fortschreitender Bewegung, bis letztere null wird und die Molekel aneinander fixirt werden. Bevor dies geschieht, haben die Molekel auf einander orientirend gewirkt, sie haben sich mit den gleichartigen Molecularlinien parallel zu stellen gesucht. Diese beiden Momente treten entweder nacheinander ein, d. h. die Molekel fixiren sich, nachdem sie schon vollständig orientirt wurden, oder die beiden Momente greifen in einander, d. h. die Molekel fixiren sich, bevor sie vollständig orientirt wurden.

Das Orientiren geht zwar von allen Molecularlinien aus, doch werden bei einem bestimmten Wachsthum einige derselben vorzugsweise thätig sein. Von diesen aber lassen sich drei, die nicht in derselben Zone liegen, als Resultirende aller wirkenden orientirenden Kräfte betrachten und diese sollen durch *a*, *b*, *c* angezeigt werden, so dass Richtung und Grösse der stärksten Wirkung mit *a*, der schwächsten mit *c* bezeichnet werden.

Ist die Orientirung vollständig abgelaufen, so stehen die beiden zu betrachtenden Molekel parallel, wie dies Fig. 208 *A* angibt. Wenn aber die Orientirung nicht vollständig ausgeführt werden konnte, wenn also die Molekel die nöthigen Drehungen nicht ganz durchführen konnten, so wird die Parallelstellung nur theilweise vollbracht sein. *a*, die erste Orientirungsaxe, wird in den beiden Molekeln jedenfalls parallel sein, wofern überhaupt von einer theilweisen Orientirung die Rede sein kann, aber dies allein, wenn es auch in der Natur vorkommt [1]), gäbe noch keine merkliche Regelmässigkeit. Es muss also ausser der Linie *a*, wenn auch nicht die folgende Axe, so doch mindestens die Ebene stärkster orientirender Kraft, nämlich die Ebene *a b* in beiden Molekeln parallel sein. Diese Bedingung festgehalten, ergeben sich folgende drei Fälle unvollständiger Orientirung.

1. Beide Molekel haben *a* und *b* parallel, *c* nicht. Fig. *B*. Denkt man sich die zweite Molekel um 180° gedreht, wobei die Drehaxe zur Ebene des Papiers senkrecht ist, so erhält man die parallele Stellung wie in *A*.

2. Beide Molekel haben blos *a* und die Ebene *a b* parallel, *b* und c nicht. Die *a*-Axen laufen in beiden gleichsinnig. Fig. *C*. Eine halbe Drehung der zweiten Molekel um die Linie *a* als Drehaxe würde zur Parallelstellung wie in *A* führen.

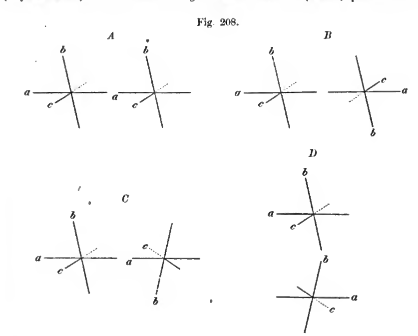
3. Beide Molekel haben blos *a* und die Ebene *ab* parallel, *b* und *c* nicht, die *a*-Axen laufen in beiden widersinnig. Fig *D*. Hier kann durch eine halbe

[1]) Verwachsungen zweier Krystalle, welche blos eine Zonenaxe, aber keine Flächen parallel haben, sind als das Resultat solcher unvollkommener Orientirung zu betrachten.

Drehung der zweiten Molekel um eine in der Ebene *ab* liegende, auf *a* normale Linie die Parallelstellung wie in *A* erreicht werden.

Wenn sich an die hier in Betracht gezogenen Molekel andere ansetzen, und zwar, wenn sich an jede derselben viele andere in der zu ihr parallelen Stellung anfügen, so bildet sich aus dem in *A* bezeichneten Krystallkeim ein einfacher Krystall, aus den in Fig. *B* bis *D* angegebenen Keimen aber bilden sich Zwillingskrystalle, und zwar befolgen diese, wie aus den Figuren ersichtlich, die allgemeine Regel, dass die beiden Individuen mindestens eine Molecularebene (Krystallfläche) und eine darin liegende Molecularlinie (Kante) parallel haben,

Fig. 208.



wodurch die allgemeine Definition der Zwillinge erklärt ist. Ferner gehorchen diese Bildungen einer der drei eben entwickelten besonderen Regeln, welche die Erklärung der pag. 79 angeführten drei empirischen Gesetze geben.

Literatur: Die früher angeführten Schriften von Frankenheim und Bravais, ferner Knop, Molecularconstitution und Wachsthum der Krystalle. Die hier angeführte Auffassung dargestellt in dem Aufsatze des Autors in Tschermak's Mineralog. und petrogr. Mittheil. II pag. 499 (1879).

56. Verwachsung ungleichartiger Krystalle. Eine merkwürdige Erscheinung ist die regelmässige Verbindung von Krystallen, welche verschiedenen Mineralen angehören. In diesem Falle sind die Krystalle zweier verschiedener Mineralarten in der Weise mit einander verbunden, dass beide mindestens eine Krystallfläche parallel zeigen, welche aber an beiden meistens eine verschiedene

Digitized by Google

krystallographische Bedeutung hat, ferner dass beide auch den Parallelismus von mindestens einer Kante in jenen beiden Flächen darbieten. Die Krystalle sind also gegen einander bestimmt orientirt. Es herrscht eine Aehnlichkeit mit den Krystallstöcken und den Zwillingen, welche aber bei dem Umstande, als die gegen einander orientirten Krystalle meist verschiedenen Krystallsystemen angehören, gewöhnlich blos eine entferntere ist

Der längst bekannte, hierher gehörige Fall ist die orientirte Verwachsung von Disthen (triklin) mit Staurolith (rhombisch), welche schon von Germar beschrieben wurde. Die Fläche M am Disthen und b am Staurolith spiegeln mit einander, ausserdem haben beide Krystalle die Kanten einer Zone parallel. Fig. 209. Ein häufiges Vorkommen ist die zuerst von Breithaupt beschriebene orientirte Verwachsung von Eisenglanz (rhomboëdrisch) und Rutil (tetragonal).

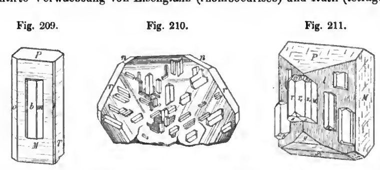


Fig. 210. Die Rutilkrystalle lagern mit den Kanten der Prismenzone parallel zur Kante $0R:\infty P2$ der Eisenglanztafel und die Pinakoidfläche der letzteren ist parallel zur Fläche des verwendeten Prisma am Rutil. Sehr bekannt ist die Verwachsung von Orthoklas (monoklin) und Albit (triklin), welche von L. v. Buch beschrieben worden. Beide Krystalle haben die Längsfläche 010 und die Kanten der Zone des aufrechten Prisma parallel. In dieser Zone haben beide auch ähnliche Winkel. Die Fig. 211 zeigt einfache Krystalle und Zwillinge von Albit an den Flächen l eines Orthoklaskrystalls. Augit und Amphibol (beide monoklin) zeigen nach Haidinger zuweilen parallele Verwachsung, Augit und Olivin (rhombisch) ebenfalls. Amphibolkrystalle sind zuweilen mit Oktaëdern von Magnetit besetzt, so dass die Flächen der letzteren parallel 001 des Amphibols und die Kante dieser Fläche mit 100 parallel einer Oktaëder-Kante. Fahlerzkrystalle haben öfters einen rauhen Ueberzug, der aus parallel gelagerten Kupferkieskrystallen besteht. Bekannt sind die orientirten Verwachsungen von Speerkies mit Pyrit, von Calcit mit Quarz, von Bleiglanz mit Blende u. a. m.

Das Auftreten orientirter Verwachsungen verschiedener Minerale zeigt, dass auch verschiedenartige Molekel auf einander anziehend wirken, so dass unter günstigen Umständen eine Anlagerung in derselben Weise erfolgt, als ob sie gleichartig wären.

Man kann hierhergehörige Verwachsungen auch absichtlich hervorrufen. Darunter sind jene besonders interessant, welche man durch Einlegen frischer

Digitized by Google

Spaltungsstücke von Calcit in eine gesättigte Lösung von Natriumsalpeter erhält. An die Kanten des Calcits reihen sich bei der Krystallisation Rhomboëder des Natriumsalpeters in paralleler Stellung an.

Lit. Frankenheim, Lehre von der Cohäsion 1835. Haidinger, Handbuch d. bestimm. Mineralogie 1845. pag. 279. Breithaupt, Berg- u. hüttenmänn. Zeitung 1861, pag. 153. G. v. Rath, Pogg. Ann. Bd. 155, pag. 24. Sadebeck, Angew. Krystallographie 1876. Becke, Tschermak's Min. u. petr. Mitth. Bd. 4, pag. 337.

57. Ausbildungsweise der Krystalle. Die Krystalle bilden sich öfter nach den verschiedenen Richtungen ziemlich gleich aus, wodurch sie nussförmig erscheinen, was bei den tesseralen sehr gewöhnlich ist. Im Uebrigen haben die Krystalle entweder eine vorherrschende Ausdehnung nach einer Ebene, wodurch sie tafelförmig werden, oder sie sind nach einer Richtung besonders stark ausgedehnt, nach den übrigen weniger entwickelt, wodurch sie säulenförmig werden. Letztere Ausbildung liefert bei geringen Dimensionen nadelförmige oder haarförmige Krystalle.

Die Krystalle, welche fortwährend schwebend wachsen, sind schliesslich ringsum ausgebildet. Wird die Matrix, in welcher sie enthalten waren, entfernt, so dass die Krystalle frei liegen, so heissen diese nun lose Krystalle. Die sitzend gebildeten Krystalle sind auf der einen Seite aufgewachsen und an dieser nicht ausgebildet. Werden sie von der Stelle entfernt, so präsentiren sie sich als abgebrochene Krystalle.

Man findet öfters abgebrochene Krystalle, welche an den Bruchflächen die Erscheinung des Fortwachsens durch Anlagerung neuer Substanz, manchmal bis zur Bildung neuer ebener Flächen darbieten. Die Bruchflächen sind hier gleichsam ausgeheilt.

Beim Wachsen der Krystalle bilden sich ungemein häufig verzerrte Formen, an welchen jene Flächen, welche dem Symmetriegesetze zufolge gleich sind, thatsächlich mit ungleicher Grösse auftreten (**12**). Diese Ungleichheit führt öfters dazu, dass eine oder die andere Fläche, welche früher vorhanden war, beim Fortwachsen ganz verschwindet, während die mit ihr gleichen vorhanden sind. An manchen Krystallen zeigt sich also eine Unvollzähligkeit der gleichen Flächen, was aber keine Täuschung veranlasst, weil die Erscheinung eine völlig unregelmässige ist und der Vergleich mehrerer nebeneinander gebildeter Krystalle genügt, um zu erkennen, dass dieses Ausbleiben von Flächen mit keiner Hemiëdrie oder Hemimorphie zusammenhängt.

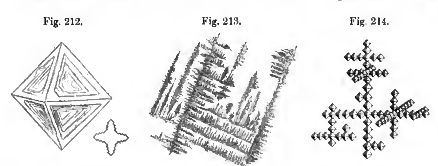
Eine andere Erscheinung, welche das Aussehen der Krystalle völlig zu verändern vermag, ist das Voraneilen des Wachsthums in bestimmten Richtungen oder Ebenen und das in Folge dessen stattfindende Zurückbleiben in den übrigen. Wenn das Wachsen der Krystalle in Ebenen vorherrscht, welche vom Mittelpunkte des Krystalls durch gleiche Kanten gehen, so bleiben die dazwischen liegenden Flächen im Wachsen zurück. Anstatt der Flächen entstehen Vertiefungen, welche öfters treppenartige Absätze zeigen, und der ganze Krystall sieht wie abgemagert oder eingefallen aus. Derlei Bildungen werden öfter

Digitized by Google

Krystallskelette genannt. Ein Beispiel geben manche Krystalle von Cuprit, an welchen statt der Oktaëderflächen treppenartige Vertiefungen auftreten. Fig. 212. Die Nebenfigur zeigt einen Durchschnitt parallel der Würfelfläche. Das Kochsalz liefert ein anderes Beispiel. Beim Abdampfen einer Kochsalzlösung erhält man an der Oberfläche der Lösung schüsselartig vertiefte Körperchen, die eine Zeit lang schwimmen, und am Boden bilden sich Würfelchen mit ausgehöhlten Flächen.

Durch das Vorherrschen des Wachsens an den Ecken und Kanten erzeugen sich öfter eigenthümliche, aus Aestchen, Stäbchen oder Blättchen zusammengesetzte Individuen von zierlicher Gestalt, welche sternförmig, baum- und strauchförmig, farnkrautartig, netzartig, pinselartig etc. erscheint. Die einzelnen Aestchen u. s. w. sind wiederum mit kleinen Individuen von paralleler Stellung

Fig. 212. Fig. 213. Fig. 214.



besetzt. Beispiele sind die sternförmigen Schneekrystalle, die baumförmigen Individuen von Gold. die netzförmigen von Cuprit. Manche dieser Bildungen entsprechen nicht einfachen Individuen, sondern Zwillingskrystallen, wie die baumförmigen Gestalten des Kupfers, die netzartigen des Rutils, welcher in der Sagenit genannten Art wie ein Gewebe feiner Nadeln erscheint. Die Krystallstöcke und Zwillingsstöcke solcher Ausbildung werden gestrickte Formen genannt. Bei fortgesetztem allmäligen Wachsthum können sich alle diese Formen, welche eine regelmässige Unterbrechung der Raumausfüllung zeigen, zu vollständigen und ebenflächigen Krystallen ausbilden, sie sind daher als unvollständige Krystalle aufzufassen. Fig. 213 ist eine gestrickte Form von Silberglanz in natürlicher Grösse, wie sich dieselbe in einem Durchschnitte parallel der Würfelfläche darstellt. Fig. 214 zeigt einen Theil davon in vergrössertem Maasstabe und lässt erkennen, dass viele kleine Oktaëder sich nach den drei Axen des Würfels anordnen.

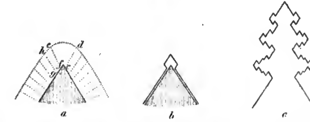
Diese netzartigen Gebilde, welche überall dort auftreten, wo eine rasche Krystallisation stattfindet, haben eine grosse Verbreitung. Lehman erklärt auf Grund seiner mikroskopischen Beobachtungen ihre Entstehung in folgender Weise: Jedes Krystallindividuum vergrössert sich nur dann, wenn die umgebende Lösung etwas übersättigt ist, es entnimmt dabei aus der nächsten Umgebung Stoff, wodurch um das wachsende Individuum ein Hof von verdünnterer Lösung entsteht. Die Diffusion verursacht hierauf wieder einen Ausgleich, so dass neuer

Digitized by Google

Stoff in den Hof eintritt. Fig. 215. Die vorhandenen Ecken und Kanten beherrschen aber ein viel grösseres Feld der Diffusionsströmung als ein gleich grosses Stück der Flächen des wachsenden Individuums. Sie sind daher beim Stoffansatz im Vortheil. So beherrscht die hier dargestellte Kante den Diffusionsraum *c d e f*, während von dem gleich grossen Flächenelement *f g* nur der viel kleinere Raum *e f g h* in Anspruch genommen werden kann. Bei raschem Wachsthum aus stark übersättigter Lösung ist der Hof breit, die Diffusionsströmung stark, es erfolgt ein vorherrschender Ansatz an Ecken und Kanten. Beim allmäligen Wachsen aus wenig übersättigter Lösung ist der Hof schmal, die Strömung schwach, der Ansatz also gleichförmig.

Es kann auch der Fall vorkommen, dass ein Individuum innen netzförmig, aussen aber mit vollkommen geschlossener Form ausgebildet ist. Sind die

Fig. 215.



Maschen des Netzes durch einen fremden Körper ausgefüllt, so sieht das Ganze so aus, als ob ein Krystall aus einer dünnen Schale und einem fremden Kern bestünde. So erklärt Knop die von Scheerer als Perimorphosen bezeichneten Gebilde, z B. Granat- oder Vesuviankrystalle, die aus einer dünnen Haut des Minerals, innen aber aus einem Gemisch von Calcit und demselben Mineral bestehen.

Ueber verzerrte Krystallformen: A. Weissbach, „Ueber die Monstrositäten tesseral-krystallisirender Minerale." G. Werner, Jahrb. f. Min. 1867, pag. 129. Klein, „Ueber Zwillingsverbindungen und Verzerrungen." Heidelberg 1869. Ueber die netzartig gebildeten Krystalle: Knop, „Molecularconstitution und Wachsthum der Krystalle." Hirschwald, Jahrb. für Min. pag. 129. Lehmann, Zeitschr. für Krystallographie, Bd. I, pag. 458.

58. Während in den gestrickten Formen und netzartigen Individuen die Raumausfüllung eines Krystalles in regelmässiger Weise unterbrochen ist, gibt es auch solche Fälle, in denen die Raumausfüllung in einer unregelmässigen Weise unterbrochen erscheint. Dies geschieht namentlich durch starre Körper, welche schon früher vorhanden waren oder gleichzeitig mit dem Krystall gebildet wurden, und daher ist diese Erscheinung bei schwebend gebildeten Krystallen häufig. Ein Beispiel sind die kleinen Tafeln von Titaneisenerz im Basalt, welche oft so aussehen, als ob sie in Striemen und Lappen zerschnitten wären. So wie starre Körper ein Hindernis der continuirlichen Raumausfüllung bilden können, ebenso werden auch Flüssigkeiten und gasförmige Körper, welche bei der Kry-

Digitized by Google

stallisation den Raum verlegen und die Anlagerung der gleichartigen Molekel beeinträchtigen, eine Unterbrechung im Zusammenhange bewirken können.

Manche der schwebend gebildeten Krystalle leiden stark unter dem Einflusse der Umgebung, ihre Form ist oft gestört, andere hingegen zeigen sich fast immer scharf ausgebildet, so dass man schliessen darf, sie vermögen bei der Krystallisation kleine fremde Partikelchen fortzuschieben. Solchen Mineralen, welche fast immer scharfe Krystalle zeigen, schreibt man also eine grössere Krystallisationskraft zu, als anderen. Beispiele sind Magneteisenerz, Spinell, Apatit, Quarz. Das Fortschieben und Heben fremder Körper bei der Krystallisation ist übrigens direct beobachtet. Bunsen in den Ann. der Chemie, 1847, Bd. 62, pag. 1 und 59. Das Bersten von Steinen, in deren Poren Krystallisationen stattfanden: Volger: Pogg. Ann. Bd. 93, pag. 214.

So wie die geschlossene Form der Krystalle durch äussere Umstände verschiedene Störungen erleiden kann, so vermögen auch derlei Einflüsse auf die Lage der Krystallflächen zu wirken und kleine Abweichungen von der Constanz der Kantenwinkel hervorzurufen. Dauber hat durch viele Messungen gezeigt, dass diese kleinen Anomalien ganz gewöhnlich vorkommen und jede Beobachtung, welche sich auf mehrere Krystalle sowohl desselben Fundortes als auch verschiedener Fundorte erstreckt, gibt das Resultat, dass erstere in einem kleineren, die letzteren in einem grösseren Betrage in ihren Kantenwinkeln von einander abweichen, und zwar macht die Abweichung öfters viele Minuten aus. Brezina hat durch Beobachtungen am unterschwefelsauren Blei den Einfluss der Schwere auf diese Anomalien zu verfolgen gesucht.

Ganz anderer Art sind die Winkelunterschiede, welche an mimetischen Krystallen vorkommen. Da dieselben gewöhnlich Zwillingsstöcke höheren Grades sind, so werden derlei Krystalle andere Winkel zeigen, je nachdem dieselben vorherrschend nach diesem oder vorherrschend nach jenem Zwillingsgesetze aufgebaut sind.

59. Mikrolithe. Viele Krystalle sind so klein, dass sie erst durch das Mikroskop wahrgenommen werden. Diese zeigen häufig dieselben Umrisse, wie jene, deren Formen uns durch die Beobachtung mit freiem Auge bekannt sind. Es gibt aber unter jenen winzigen Krystallen noch viele Abstufungen der Grösse. An den kleinsten sieht man öfters solche Formen, welche an den grossen ausgebildeten Krystallen nicht wiederkehren, welche also als Jugendformen zu betrachten sind. Wegen solcher Eigenthümlichkeiten ist es wünschenswerth, eine Bezeichnung für diese kleinen Gebilde zu haben. Wenn dieselben bestimmte Umrisse darbieten, so dass man ihre Krystallnatur daran erkennt, so wird der von Vogelsang vorgeschlagene Name Mikrolith auf sie angewendet, doch versteht man darunter vorzugsweise solche Individuen, welche stäbchenförmig oder nadelförmig ausgebildet sind. Diese lassen sich nämlich am leichtesten wahrnehmen, während feine Blättchen in der breiten Ansicht oft nicht ganz scharf hervortreten oder unbestimmte Umrisse haben, in der schmalen Ansicht aber wiederum wie Nadeln erscheinen, während endlich die Mikrolithe gleichförmiger

Digitized by Google

Ausdehnung in ihren Umrissen selten charakteristisch sind und meist wie Staubkörner aussehen. Die Form einfacher Stäbchen ist die häufigste, zuweilen sind die Mikrolithe stachelspitzig, andere erscheinen kopfig oder keulig oder auch biscuitförmig. Beistehende Fig. 216 gibt einige der Formen, wie sie Zirkel abbildet. Manche Mikrolithe haben Endigungen wie Schwalbenschwänze oder sie haben sandnhrförmige Gestalten, sind jedoch einfache Individuen mit eigenthümlicher Wachsthumsform. Echte Zwillinge kommen natürlich auch vor. Auffallend sind die gekrümmten Formen, die bald ein gebogenes Stäbchen, bald eine Schlinge nachahmen, und gar die undurchsichtigen haarförmigen Gebilde, welche von Zirkel Trichite genannt werden und welche in feine Spitzen endigen, oder die borstenartig steif aussehenden, mit gleichzeitig auftretenden Krümmnngen nnd zackigem Verlaufe. Eine überraschende Erscheinung ist die Gliederung mancher Mikrolithe, die rosenkranzförmig aneinander gereiht erscheinen.

Fig. 216.

Manche dieser Mikrolithe lassen sich auf bestimmte Minerale beziehen, so z. B. kennt man Apatit-, Feldspath-, Angit-Mikrolithe u. s.w. Viele Mikrolithe aber sind in ihrer Entwickelung noch nicht so genau verfolgt, als dass man angeben könnte, welcherlei Krystalle sich bei der Vergrösserung ans ihnen entwickeln.

Mikrolithe zeigen sich besonders häufig und deutlich im Obsidian, Perlstein und Pechstein. Ebenso finden sich derlei Bildungen häufig in den künstlichen Schlacken. Durch Mischung krystallisirbarer Substanzen mit zähflüssigen Körpern kann man Mikrolithe erhalten und deren Wachsthum studiren, weil der zähflüssige Körper verzögernd auf die Krystallisation wirkt. Vogelsang bemerkte bei der mikroskopischen Beobachtung jener Gebilde, welche der Schwefel bei der Krystallisation innerhalb Canadabalsam darbietet, solche Anfänge der Krystallbildung, welche noch keinen polyëdrischen Umriss, aber schon eine regelmässige Anordnung zeigen, und hat solche Körperchen Krystallito genannt. Diese Vorstufe der Mikrolithe kommt auch oft in den Gesteinen vor.

Lit. Zirkel. Die mikroskop. Beschaffenheit der Minerale und Gesteine, wo anch die fernere Literatur angegeben ist. Lehmann in der oben pag. 99 citirten Abhandlung.

60. Mikroskopische Untersuchung. Die Beobachtung der Formverhältnisse, welche mit freiem Auge nicht mehr erkannt werden können, ist erst in der letzten Zeit mit Erfolg betrieben worden, obgleich die Anwendung des Mikroskopes schon früher versucht wurde. Erst nachdem durch Sorby eine praktische Methode gefunden war, aus den Mineralen dünne Schichten herznstellen, welche Durchsichtigkeit besitzen, trat das Mikroskop auch hier in seine Rechte.

Härtere Minerale werden zu diesem Zwecke zuerst durch Zerschlagen in die Form dünner Splitter oder durch Zerschneiden in die Gestalt von Täfelchen

gebracht, um sodann durch Schleifen in höchst dünne und durchsichtige Blättchen verwandelt zu werden. Das Zerschneiden geschieht durch eine Maschine, eine Art Drehbank, welche eine dünne Scheibe von Stahl in Rotation bringt. Die Stahlscheibe wird benetzt, am Rande fleissig mit Smirgelpulver bestrichen, worauf sie bei schneller Drehung in das angedrückte Mineral eindringt und in der gewünschten Richtung einen Schnitt hervorbringt. Das Schleifen geschieht anfänglich auf einer Platte von Sandstein, auf einer Smirgelplatte oder auf einer Metallplatte, am besten einer Gusseisenplatte, die mit Wasser benetzt und mit Smirgelpulver bestreut ist. Der feinere Schliff wird entweder auf einer ebenen Thonschieferplatte, oder besser auf einer matten Glasplatte mit feinem Smirgelpulver ausgeführt. Jeder Splitter und jedes Täfelchen wird zuerst auf der einen Seite eben und fein geschliffen, sodann mit dieser Seite vermittels Canadabalsam an ein handliches Stück einer dicken Glasplatte gekittet, um schliesslich auch auf der anderen Seite eben und fein geschliffen zu werden, bis es durchsichtig geworden. Es ist nicht nöthig, das schliesslich erhaltene dünne Blättchen, den Dünnschliff, welcher so durchsichtig sein muss, dass man eine darunter gelegte Schrift lesen kann, auch noch zu poliren, vielmehr wird selbes nach dem Feinschleifen sogleich präparirt, indem es durch Erwärmen des Kittes und Abziehen von der Unterlage befreit und auf eine reine Glasplatte, einen Objectträger, gebracht und dort durch Umgebung mit Canadabalsam und Bedeckung mit einem dünnen Glasplättchen für die mikroskopische Beobachtung geeignet gemacht wird.

Die Beobachtung geschieht mittels des Mikroskops entweder ohne Zuhilfenahme fernerer Apparate oder man benützt je nach dem besonderen Zwecke verschiedene Vorrichtungen. Die Messung der Grösse der Objecte verlangt Glasmikrometer oder Mikrometerschrauben, die Messung der Winkel an mikroskopischen Krystallen erfordert Visuren im Instrumente in der Form von Fadenkreuzen oder Linien auf Glasplatten, ferner Theilkreise, die entweder am Tische des Mikroskopes oder am Ocular angebracht sind, die Beobachtung im polarisirten Lichte, von der später noch die Rede sein wird, Nicol'sche Prismen am Ocular und unter dem Tische des Mikroskopes. Für das Zeichnen der mikroskopischen Bilder, für das Photographiren derselben sind wiederum gewisse Vorkehrungen nützlich oder nothwendig. Die Dünnschliffe können auch, wofern sie einerseits unbedeckt gelassen werden, zu chemischen Reactionen im kleinen Massstabe, deren Resultat mikroskopisch verfolgt wird, benutzt werden. Ausführlicheres über all' dieses in dem angef. Werke von Zirkel; ferner Rosenbusch: „Mikroskopische Physiographie", Harting: „Das Mikroskop".

61. Oberfläche der Krystalle. Die Flächen, von welchen die Krystalle eingeschlossen werden, sind entweder vollkommen glatt und eben, oder sie erscheinen nicht glatt, sondern gerieft, fein gezeichnet, oder matt, rauh, drusig etc. Die matte oder rauhe Beschaffenheit kann dem Krystall als solchem zugehören, oder auch von angelagerten oder hervorragenden fremden Partikelchen herrühren.

Digitized by Google

Die Riefung besteht in einer vielfachen Wiederholung von feinen Kanten, sie kann demnach entweder eine Combinations- oder eine Zwillingsriefung sein, indem ein oscillatorisches Auftreten derselben zwei Flächen stattfindet, welche entweder demselben Individuum oder vielen zwillingsartig verbundenen Individuen angehören. Pyrit, Quarz zeigen oft Combinationsriefung, Plagioklas, Mikroklin Zwillingsriefung.

Die feine Zeichnung, welche manche Krystallflächen darbieten, rührt von regelmässig geformten Erhabenheiten und Vertiefungen her, welche der Fläche oft ein halb mattes Ansehen geben, bei einer bestimmten Beleuchtung aber einen Glanz verleihen, so dass die Oberfläche damastartig erscheint. (Fluorit, Quarz.) Wenn die Zeichnung etwas gröber wird, so erscheint die Fläche gekörnt, gestrichelt, geschuppt, getäfelt, parquettirt etc., und man erkennt nun oft schon mit freiem Auge die Form der einzelnen Erhabenheiten und Vertiefungen, welche parallel angeordnet sind. Die Erscheinung lässt sich bis dahin verfolgen, wo diese Erhabenheiten als von Krystallflächen begrenzte hervorragende Krystalltheile erkannt werden und schliesslich bis zu dem Extrem, da keine Ebene mehr erkennbar ist, sondern statt des einfachen Krystalls ein Krystallstock vorliegt. Die regelmässigen Erhabenheiten, welche an den Krystallflächen, bald nur unter dem Mikroskope, bald schon unter der Loupe, endlich auch mit freiem Auge beobachtet werden, sind von Krystallflächen begrenzt. Sie sind daher regelmässig geformt und erscheinen wie kleine Krystallindividuen, welche sich aus der Fläche der grösseren Krystallmasse in paralleler Stellung bald mehr, bald weniger emporheben.

Scharff hat über diesen Gegenstand eine Reihe von Arbeiten geliefert. Sadebeck, welcher sich eingehend mit demselben beschäftigte, bezeichnet die kleinen Individuen als Snbindividnen und hegt die Ansicht, dass die Krystallo ans Subindividnen aufgebaut seien. Die letzteren sind entweder höherer oder niederer Stufe, je nachdem ihre Form einfacher ist nnd mit der Form des Hauptindividuums übereinstimmt, oder von Flächen begrenzt ist, welohe complicirtere Indices haben und nicht mit der Form des Hauptindividuums übereinstimmen. Sonach würden die Subindividuen öfter keine so einfache Form darbieten, wie die Hauy'schen Krystallpartikel oder Kernformen. Die Disciplin, welche den Bau der Krystalle in diesem Sinne behandelt, wird von ihm Krystallotektonik genannt.

Von der hypothetischen Beigabe abgesehen, sind alle diese Beobachtungen von Wichtigkeit, weil sie die Formbildungon der Minerale kennen lehren, welche durch die geometrische Betrachtung dersolben nur theilweise eiklärt werden.

Die angoführten Erscheinungen auf den Flächen der Krystalle rühren zum grossen Theile von Umständen bei der Bildung der letzteron her. Die verschiedenen Umstände bewirken es, dass entwedor ein solid ausgebildeter Krystall mit glatten Flächen entsteht, oder auf die Flächen kleine Subindividuen aufgebaut werden, welche ein Voraneilen mancher Punkte in der Bildung des Krystalls bekunden, oder dass dnrch ein solches Voraneilen eine netzartige Bildung oder ein Krystallstock hervorgeht. Oefters aber sind die feinen Uneben-

heiten der Oberfläche das Resultat einer späteren Veränderung, indem die ebenflächigen Krystalle dem Angriffe anflösender Substanzen ausgesetzt waren.

Scharff, Jahrb. f. Min. 1861. S. 32, S. 385. 1862. S. 684. Rose Sadebeck, Elemente der Krystallographie. 2. Bd.

62. An manchen Krystallen erscheinen die grösseren Flächen gebrochen, d. i. sie bestehen aus zwei oder mehreren glatten Flächen, die äusserst schwach gegen einander geneigt sind. Diese liegen meist in ausgebildeten Zonen und besitzen hohe Indices, welche aber, wie Schuster am Danburit zeigte, zu denen der einfachen Flächen in einer gesetzmässigen Beziehung stehen. Derlei Flächen, welche in ihrer Lage bestimmten Flächen sehr nahe kommen, hat Websky Vicinalflächen genannt.

Es kommt bei Zwillingen vor, dass die einzelnen von einander wenig abweichenden Flächen verschiedenen Individuen angehören. Für diesen Fall ist auch der Ausdruck Polyëdrie, welchen Scacchi für diese Erscheinung vorschlägt, verwendbar. Wenn man den Ausdruck Polyëdrie auf die Erscheinung bei Zwillingen und mimetischen Krystallen beschränkt, dann verhält sich diese zu dem Auftreten der Vicinalflächen, wie die Zwillingsriefung zur Combinationsriefung. Vicinale Flächen sind am Diamant, Aragonit, Adular, Danburit, Granat und vielen anderen Mineralen beobachtet worden.

Scacchi's Abh. über Polyëdrie in deutscher Uebertragung von Rammelsberg. Zeitschr. deut. geol. Ges. Bd. 15, pag. 19. Websky's Abh. ebendas. pag. 677. Zepharovich über Aragonit. Sitzungsber. der k. Akad. zu Wien. Bd. 71 (1875). Schuster üb. Danburit: Tschermak's min. u. petrogr. Mitth. Bd. 5 und 6.

63. Zuweilen werden an den Krystallen auch unechte Flächen beobachtet. Sie sind von zweierlei Art. Man sieht nämlich nicht selten matte oder fast matte Flächen, die bei genauerer Beobachtung gar keine ebenen Elemente erkennen lassen, vielmehr blos durch die Wiederholung feiner Kanten oder durch viele in derselben Ebene endigende kleine Ecken gebildet werden. Solche Flächen zeigen öfters eine Lage, welche der einer echten Krystallfläche entspricht, manchmal aber davon abweicht, wodurch schon öfters Täuschungen veranlasst wurden. Die zweite Art der unechten Flächen sind Abformungen. Wenn ein Krystall beim Fortwachsen an einen anderen bereits fertigen Krystall anstösst, so formt er sich an diesem ab und so entstehen öfters glatte Flächen, deren Lage eine ganz zufällige ist. Da bei solcher Abformung öfters die feinsten Zeichnungen mit einer wunderbaren Schärfe wiederholt werden, so sehen diese unechten Flächen zuweilen den wahren Krystallflächen täuschend ähnlich.

64. Obwohl die Krystalle wesentlich von ebenen Flächen begrenzt sind, so kommen doch auch manchmal krumme Flächen vor. Dieselben sind entweder durch das Zusammentreffen vieler kleiner ebener Flächen gebildet, wie man es an manchem Quarz, Desmin, Prehnit wahrnimmt, oder sie haben eine continuirliche Krümmung, wie an Krystallen von Gyps, Diamant. Wenn alle Kanten und Ecken abgerundet erscheinen, so bekommt der Krystall ein solches Ansehen,

Digitized by Google

als ob er eine oberflächliche Schmelzung erlitten hätte, die Oberfläche erscheint geflossen, wie dies an manchem Bleiglanz vorkommt. Die im körnigen Kalke eingeschlossenen Krystalle von Augit, Hornblende, Apatit zeigen auch eine geflossene Oberfläche, die ganz unregelmässig gekrümmt erscheint.

65. Inneres der Krystalle und Individuen überhaupt. Die Bildungsweise bringt es mit sich, dass an vielen der grösseren Krystalle der schichtenartige Bau deutlich hervortritt. Die Erscheinung ist am einfachsten, wenn der Krystall blos eine einzige äussere Schichte und einen inneren Kern unterscheiden lässt, welche beide aus derselben Mineralart bestehen. Solche Vorkommnisse nennt Kopp Krystalle von doppelter Bildung. Beispiele dafür sind Calcit, Fluorit: Calcitkrystalle zeigen einen Kernkrystall mit der Form — $2R$, während die Hülle das Grundrhomboëder R zeigt; Fluoritkrystalle haben einen Kern von Oktaëderform, die Hülle ist als Würfel ausgebildet. Einen Barytkrystall von doppelter Bildung stellt Fig. 7 dar.

Häufiger kommt der Fall vor, dass die Schale und der Kern dieselbe Flächencombination darbieten, so dass die Schale eine genaue Wiederholung der Form des Kernes bildet. Beispiele sind wieder Calcit, Fluorit, aber auch Turmalin, Epidot u. a. m. In jenen Fällen, in welchen überhaupt Kernkrystalle bemerkt werden, zeigt sich oft der Kern anders gefärbt, wie die Hülle. Der Kern ist braun oder gelb, die Hülle farblos (Calcit), über einem farblosen Kern eine violette Hülle (Fluorit), über einem blauen Kern eine braune Schalenhülle (Turmalin), ein schwarzgrüner Kern mit hellgrüner Hülle (Epidot).

Viele der grösseren Krystalle bestehen aus mehreren oder auch aus vielen Schichten desselben Minerales, welche sich durch die verschiedene Reinheit und Durchsichtigkeit oder durch verschiedene Färbung von einander unterscheiden. Quarz, Baryt, Flussspath, Turmalin liefern Beispiele. Manchmal wird die Schichtung erst bei der beginnenden Zerstörung deutlich, wie bei manchen Feldspathen. Zuweilen sind die Schichten blos locker mit einander verbunden, indem sie durch äusserst dünne Lagen eines fremden Minerals zum Theil getrennt erscheinen. In solchem Falle gelingt es bisweilen bei grösseren Krystallen, dieselben in einen Kern und mehrere folgende parallele Schalen zu zerlegen, wie bei manchem Quarz (Kappenquarz), dessen Schichten mit Glimmerblättchen belegt sind. Am Wolframit, Vesnvian, Epidot, sieht man diesen schaligen Bau ebenfalls nicht selten. Die schalige Zusammensetzung erfolgt bisweilen blos nach einer Fläche, wie beim Bronzit und Diallag.

Die Kernkrystalle und alle die geschichteten und schaligen Krystalle, welche von demselben Mineral gebildet werden, repräsentiren in gewissem Sinne die parallele Verwachsung gleichartiger Individuen, es gibt aber auch Bildungen, welche den vorigen äusserlich gleichen, jedoch parallele Verwachsungen ungleichartiger Minerale darstellen. Es gibt nämlich Kernkrystalle und vielfach geschichtete Krystalle, die aus zwei oder mehreren Arten von Mineralen bestehen. Diese haben entweder gleiche oder ähnliche Krystallform, wodurch eine einheitliche Gestalt des Ganzen ermöglicht wird.

Digitized by Google

Ein Kern von Biotit, umgeben von einer Schichte von Muscovit oder ein Kern von Eisenturmalin mit einer Hülle von Edelturmalin sind Beispiele von einfacher Schichtnng. Manche Krystalle von Augit, Granat, Turmalin zeigen einen mehrfachen Wechsel von Schichten, die verschiedenen Arten der genannten Gattungen angehören.

Derlei Bildungen lassen sich in mannigfacher Art herstellen, so z. B. schöne Kernkrystalle, wenn Oktaëder von Chromalaun zuerst in eine Lösung von kubischem Alaun gebracht werden, bis sie eine nene Schichte ansetzen und dieselben hierauf in eine Lösung von gewöhnlichem Kalialaun gelegt werden. Der dunkle Kern von Chromalaun erscheint mit einer farblosen Hülle gleicher Form bekleidet. Abwechselnde Schichten gleicher Form, aber verschiedener Beschaffenheit können dadnrch erzeugt werden, dass man Bittersalzkrystalle abwechselnd in Bittersalzlösung nnd in solche Lösungen bringt, welche ausser Bittersalz auch Manganvitriol enthalten.

Die schichtenartige Vereinigung mehrerer Arten oder Varietäten von gleicher oder ähnlicher Krystallform wird isomorphe Schichtung genannt. Bei der chemischen Untersnchnng so gebauter Körper ergibt sich, wie begreiflich, kein einfaches Resultat, sondern man erhält ein Ergebnis, welches die Mengung aus mehreren einfachen Mineralen bestätigt. Die grobe Mengung, welche mit freiem Auge zu sehen ist, bietet jedoch alle Abstufungen bis zur feinen Schichtung, welche nur mittels des Mikroskopes erkennbar wird, und diese geht in eine ganz gleichförmige Mischnng über, in welcher keine Schichten und keine Verschiedenheiten mehr zu beobachten sind. Häufiger als die isomorphe Schichtung ist diese isomorphe Mischnng, welche nur mehr aus dem Ergebnis der chemischen Analyse als solche erkannt wird. Immerhin lassen sich derlei Mischungen auch bei der Beobachtung ihrer physikalischen Eigenschaften erkennen, da jene äusserlich gleichen Krystalle, welche jedoch aus mehreren Arten in wechselndem Verhältnis bestehen, in ihrer Cohäsion, in dem optischen, magnetischen, elektrischen Verhalten die entsprechenden Variationen zeigen.

Lit. über Kernkrystalle: Kopp, Ann. d. Chemie, Bd. 94, pag. 118. Autor, Sitzb. d. Wiener Akad., Bd. 40, pag. 109. Isom Schichtung: C. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1880, pag. 20, 181.

66. Durch das netzartige Wachsen oder durch bestimmte Unterbrechungen des schichtenförmigen Fortwachsens entstehen im Innern der Krystalle und der Individuen überhaupt Lücken mit ebenflächigen Begrenzungen, es bilden sich regelmässige Poren und Höhlungen Wenn dieselben von Krystallflächen begrenzt sind, so werden sie auch negative Krystalle genannt. Im Steinsalz werden würfelförmige Hohlräume häufig beobachtet, im Quarz erkennt man zuweilen negative Krystalle, welche dieselbe Form haben, wie der ganze Krystall, im Eis, im Gyps ist die Erscheinung auch nicht selten. Die Höhlungen und Poren sind aber viel häufiger von krummen Flächen gebildet, sie erscheinen demnach kugelrund, eirund oder überhaupt rundlich, öfters auch gedehnt und verzweigt, wie beim Quarz und Topas.

Digitized by Google

Die mikroskopischen Untersuchungen haben gezeigt, dass derlei Poren in Krystallen eine sehr verbreitete Erscheinung sind. Sie liegen entweder unregelmässig vertheilt oder linear angeordnet, in Schichten zusammengedrängt oder zu Schwärmen gruppirt. Manche Krystalle, wie die Hauyne von Melfi, sind besonders reich daran.

67. Einschlüsse. Das Auftreten von fremden Körpern in den Individuen ist eine sehr häufige Erscheinung, weil beim Wachsen der letzteren die im Wege liegenden starren Körper umhüllt, ferner Theile der Mutterlauge umschlossen, ja sogar die Bläschen von Gasen und Dämpfen, welche in der Mutterlauge absorbirt waren, bei der Krystallbildnng umwachsen werden.

Die Einschlüsse lassen sich mit Gästen vergleichen, welche der Krystall als ihr Wirth beherbergt. Der Ausdruck Wirth, auch bezüglich der Parasiten üblich, wurde von Rosenbusch in Vorschlag gebracht. Die eingeschlossenen Körper können entweder so gross sein, dass sie noch mit freiem Auge, oder wie man jetzt öfter sagt, makroskopisch wahrgenommen werden, oder sie können so klein sein, dass sie nur mit Hilfe des Mikroskopes erkannt werden, bis zu der Grenze, da sie auch bei starker Vergrösserung nicht mehr deutlich gesehen werden. Die Einschlüsse zeigen alle Aggregatzustände, indem gasförmige, tropfbar flüssige und starre Körper als solche vorkommen. Die Lagerung und Vertheilung ist meistens eine unregelmässige; zuweilen aber sind krystallisirte Einschlüsse regelmässig eingelagert, was eine die orientirte Verwachsung ungleichartiger Krystalle fortsetzende Erscheinung ist.

Manche Individuen zeigen, wie zuvor bemerkt wurde, schon bei der Betrachtnng mit freiem Auge regelmässige, öfter jedoch unregelmässige Höhlungen, die ganz leer zu sein scheinen, welche aber selbstverständlich nicht absolut leer sind, sondern mit einem Dampfe oder einem Gase erfüllt sein müssen (Dampfporen, Gasporen). So z. B. erkennt man in manchen Steinsalzkrystallen würfelförmige Höhlnngen, die leer erscheinen, jedoch ein Gas enthalten, welches nach Bunsen's Untersuchnngen vorherrschond Sumpfgas und Stickstoffgas ist. Da es im comprimirten Zustande darin vorhanden ist, so entwickelt sich dasselbe beim Auflösen mit knackendem Geräusch (Knistersalz von Wieliczka).

Die Höhlungen, welche in den verschiedenen Mineralen beobachtet werden, sind aber nicht selten zum Theile mit einer Flüssigkeit, zum Theile mit Dampf gefüllt, welcher als bewegliche Blase auftritt. Steinsalzkrystalle und Quarzkrystalle, welche Höhlungen zeigen, lassen öfters wandernde Blasen erkennen. Beim Herumdrehen wendet sich die Blase immer so, dass sie schliesslich die höchste Stellung in der Höhlung einnimmt, während gleichzeitig die enthaltene Flüssigkeit nach abwärts sinkt.

Starre Körper sieht man in den Krystallen am häufigsten. Sie erscheinen oft ebenfalls krystallisirt in der Form von Säulen oder von Nadeln, Fasern, Blättchen und Schuppen oder auch wie ein grober oder wie ein feiner Staub. Oft stecken die Einschlüsse zum Theil im Krystall, zum Theil ragen sie aus demselben hervor, oder sie erscheinen dem Krystall aufgestreut. Nicht selten erkennt man im Innern des

Digitized by Google

Krystalls eine schichtenartige Vertheilung derselben, z. B Chlorit oder Glimmer in parallelen Schichten in Quarzkrystallen. Zuweilen sind die Einschlüsse in solcher Anzahl vorhanden, dass die Menge derselben überwiegt und der Krystall kaum noch seinen Zusammenhang bewahrt, wie dies zuweilen beim Quarz vorkommt, welcher ganz mit Chlorit erfüllt erscheint. Der Quarz in der durchsichtigen Abänderung als Bergkrystall ist jenes Mineral, welches die verschiedenartigsten Einschlüsse unter den mannigfaltigsten Erscheinnngen darbietet. Hornblende in feinen Fasern, Rutil und Göthit in feinen Nadeln, Glimmer oder Eisenglanz in Schüppchen, Chlorit oder Pyrit als feiner Staub sind häufig im Bergkrystall. In früherer Zeit wurde mit Bergkrystallen, welche derlei Einschlüsse enthalten, Spielerei getrieben. Auch der Calcit ist oft reich an Einschlüssen. Einen hierher gehörigen Fall hat man an dem sogenannten krystallisirten Sandstein, der aus Calcitkrystallen besteht, welche ungemein viel Quarzsand einschliessen. Der Gyps bildet auch derlei Krystalle. Die verschiedenen Feldspathe zeigen sich ebenfalls reich an deutlich erkennbaren Einschlüssen. Wenn die Krystalle in einer glasigen Masse, z. B. im Obsidian oder Pechstein liegen, so findet sich zuweilen auch im Inneren etwas von dem Glas eingeschlossen.

Eine regelmässige Vertheilung der Einschlüsse sieht man in einem Feldspath, dem Sonnenstein von Tvedestrand, worin metallisch glänzende Blättchen zu gleicher Zeit glänzen, ebenso im Carnallit, ferner in dem Dolomit vom Greiner, worin Tremolithfasern den Rhomboëderkanten parallel gelagert sind, und in mehreren anderen Fällen.

Ueber makroskopische Einschlüsse handeln: Blum, G. Leonhard, Seyfert und Söchting: Einschlüsse von Mineralen in kryst. Mineralen. Harlem 1854. Söchting: Die Einschlüsse in kryst. Mineral. Freiberg 1860. Kenngott: Mineralog. Notizen. Sitzungsber. d. Ak. z. Wien 1852—55. Ueb. Knistersalz: Bunsen, Pogg. Ann. Bd. 83. pag. 251.

68. Mit Hilfe des Mikroskopes lässt sich das Auftreten der Einschlüsse in den Krystallen weiter verfolgen und als eine fast in allen Krystallen wahrnehmbare Erscheinung erkennen. Dabei stellt sich insofern ein unerwartetes Resultat heraus, als nunmehr die Menge der gasförmigen und flüssigen Einschlüsse viel grösser erscheint, als man dies nach den Beobachtungen mit freiem Auge erwarten sollte.

Diese haben selbstverständlich die Gestalt der Hohlräume, sie sind also entweder in den negativen Krystallen enthalten, oder sie sind kugelig, eiförmig, unbestimmt rundlich, verzweigt, oder schlauchartig gedehnt. Fig. 217. Die Grösse ist verschieden bis zu derjenigen, in welcher sie auch bei der stärksten Vergrösserung nur mehr als feine Pünktchen wahrgenommen werden. Durch das ausserordentlich zahlreiche Auftreten geben solche Einschlüsse dem Krystall ein trübes bis milchiges Aussehen. Die trüben Minerale, in welchen auch bei starker Vergrösserung keine derlei Einschlüsse wahrgenommen werden, dürften demnach solchen kleinen Hohlräumen, welche eine unter der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegende Grösse haben, diese Beschaffenheit verdanken. Die kleinen

Digitized by Google

Blasen sind entweder ganz unregelmässig vertheilt oder in Häufchen versammelt, welche nicht selten verzweigt erscheinen, Fig. 218, oder sie sind in Streifen angereiht oder endlich auch in Schichten angeordnet. Fig. 219. Diese Schichten entsprechen sodann den Zuwachsschichten der Krystalle und lassen schliessen, dass während des Wachsthums die Entwicklung der Bläschen in der Mutterlauge periodisch erfolgte. Die Häufigkeit der gasförmigen und flüssigen Einschlüsse ist nach der Mineralgattung verschieden, indem manche Minerale unter gleichen Umständen mehr von solchen Einschlüssen aufnehmen als andere. Dies hat Sorby durch Krystallisirenlassen von Alaun und Kochsalz aus derselben Lösung gezeigt, wobei die Krystalle des letzteren sehr reich, des ersteren sehr arm an

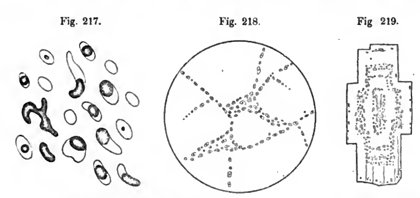


Fig. 217. Fig. 218. Mikroskopische Einschlüsse in Quarz nach Zirkel.

Fig 219. Einschlüsse in Feldspath.

flüssigen Einschlüssen gebildet wurden. Es ist dies leicht erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass das Kochsalz ein eigenthümlich treppenartiges, also lückenhaftes Fortwachsen, der Alaun hingegen ein solides Wachsthum zeigt.

Die kleinen Hohlräume haben entweder breite dunkle Contouren, und in diesem Falle enthalten sie gasförmige Stoffe oder sie zeigen schmale, zarte Contouren und dann sind sie von einer Flüssigkeit erfüllt, oder aber sie zeigen eine kleine Blase, eine Libelle, wodurch das gleichzeitige Vorhandensein von beiderlei Stoffen erkannt wird. Durch Neigen des Präparates, durch Erschütterung desselben auf dem Tisch des Mikroskopes kann man die Libelle öfters zum Wandern bringen, oft aber bleibt sie unbeweglich oder sie wird erst beim Erwärmen beweglich.

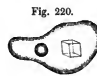
Eine der seltsamsten Erscheinungen im Mineralreiche ist das freiwillige Wandern und Tanzen mancher Libellen, welche in manchen Quarzkrystallen älterer Gesteine wahrgenommen wird. In solchem Falle beobachtet man bei vollständiger Ruhe des Präparates und bei gleichbleibender Temperatur ein beständiges Umhergehen oder Umhertanzen der Libelle in dem Hohlraum. Hier dreht sich also Dampf und Flüssigkeit continuirlich herum und es entsteht der Eindruck einer ewigen automatischen Bewegung, welche in den unzähligen kleinen Hohlräumen der Krystalle in weit verbreiteten Gesteinen stattfindet.

Die Erscheinung wird als Brown'sche Molecularbewegung aufgefasst, als deren Ursache die Wärme gilt.

Ueber Einschlüsse und deren Bestimmung handeln: Brewster's Abhandlungen in dem Edinburgh philos. journ. und den Transactions of roy. soc. Edinb. aus den Jahren 1813—45. Sorby. Quaterly journ. of the geol. soc. 14. pag. 473 (1858). Zirkel. Die mikr. Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, 1873.

69. Die bisherigen Untersuchungen ergaben das Resultat, dass die gasförmigen Einschlüsse meist aus Wasserdampf, Kohlensäure, Stickstoff-, Sauerstoffgas und aus Kohlenwasserstoffen bestehen, während die flüssigen Einschlüsse zumeist Wasser und wässerige Lösungen sind. Die Einschlüsse, welche diese Flüssigkeiten enthalten, zeigen beim Erwärmen keine irgend auffallenden Erscheinnngen. Zirkel beobachtete aber in Quarz Einschlüsse mit Libellen, die einen würfelförmigen Steinsalzkrystall neben der Libelle schwimmend zeigten. Fig. 220. Solche Einschlüsse zeigen beim Erwärmen eine vollständige Auflösung des Krystalls und nach dem Erkalten eine Wiederbildung eines oder mehrerer Krystalle. Dass hier Steinsalz vorliege, wurde auch dadurch bestätigt, dass der Quarz einerseits spectralanalytisch untersucht, anderseits aber unter Wasser gepulvert wurde, worauf in der Lösung das Chlor nachgewiesen werden konnte.

Fig. 220.



Unter den flüssigen Einschlüssen waren schon Brewster diejenigen aufgefallen, welche sich durch einen niederen Brechungsindex und durch eine starke Expansion bei der Erwärmung auszeichneten. Diese Angaben brachten später Simmler auf die Vermuthung, dass die Flüssigkeit liquide Kohlensäure sein dürfte. Im Jahre 1869 aber gelang es Vogelsang und Geissler, durch sinnreiche Versuche darzuthun, dass jener merkwürdige Körper in der That aus flüssiger Kohlensäure bestehe. Dies wurde nicht nur daraus erkannt, dass jene Einschlüsse dieselben Expansionserscheinungen darbieten, welche Thilorier und Andrews an der flüssigen Kohlensäure beobachtet hatten, sondern beim Erhitzen der Quarz- und Topasstücke, welche solche Einschlüsse zeigten, wurde ein Gas erhalten, welches bei der spectralen Untersuchung sich wie Kohlensäure verhielt und, in Kalkwasser geleitet, eine Trübung durch Bildung von kohlensaurem Kalk erzeugte. Ausser im Quarz wurde die flüssige Kohlensäure durch Sorby im Saphir und durch Zirkel u. A im Augit, Olivin und in den Feldspathen verschiedener, auch basaltischer Gesteine erkannt. Folgendes Verhalten dieser Flüssigkeit ist sehr charakteristisch: Sie dehnt sich, wenn das Präparat gelinde erwärmt wird, so stark aus, dass die Libelle rasch verschwindet und der Hohlraum vollständig ausgefüllt erscheint. Beim nachherigen Abkühlen kehrt die Libelle mit einem Schlage wieder zurück oder es entstehen statt der früheren einen Blase mehrere kleine auf einmal, wodurch eine kochende Bewegung der Flüssigkeit hervorgerufen wird. Während die wässerigen Einschlüsse auf eine wasserhaltige Mutterlauge schliessen lassen, führen die Einschlüsse von flüssiger

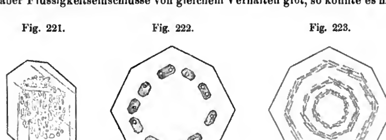
Digitized by Google

Kohlensäure darauf, dass die Gesteine, in welchen sie enthalten sind, unter hohem Drucke gebildet sein müssen.

Zirkel: Jahrb. f. Min. 1870, pag. 802, Vogelsang und Geissler: Pogg. Ann. Bd. 137, pag. 56 u. 265.

70. Die starren Minerale, welche als Einschlüsse vorkommen, sind theils krystallisirt oder krystallinisch, theils amorph. Die letzteren verhalten sich bei der mikroskopischen Beobachtung zum Theil gerade so wie Flüssigkeiten. Sie füllen negative Krystalle oder kleine Blasen und rundliche Hohlräume ganz oder zum Theil, erscheinen also mit oder ohne Libelle. Die Libelle bewegt sich selbstverständlich niemals und verändert sich auch beim Erwärmen nicht. Da es aber Flüssigkeitseinschlüsse von gleichem Verhalten gibt, so könnte es manch-

Fig. 221. Fig. 222. Fig. 223.



mal schwer zu entscheiden sein, ob man einen flüssigen oder einen starren amorphen Einschluss vor sich habe, doch gibt sodann die Natur der Umgebung hinreichende Anhaltspunkte.

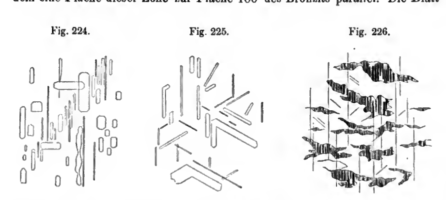
Die Art der Vertheilung ist bei den starren, amorphen Einschlüssen dieselbe wie bei den Flüssigkeiten. Sie kommen bald unregelmässig, bald schichtenartig angeordnet vor. Häufig sind sie im Inneren des Krystalls vorherrschend. Fig. 221 (Augit). Ein Beispiel regelmässiger Vertheilung bietet der Leucit (Fig. 222 nach Zirkel), welcher in seiner farblosen Masse braune Glaseinschlüsse beherbergt. Die letzteren sind Ausfüllungen negativer Krystalle und dabei schichtenförmig vertheilt, so dass sie im Durchschnitte kranzförmig angeordnet erscheinen.

Die starren amorphen Einschlüsse in Krystallen, welche in frischen vulkanischen Gesteinen, wie Obsidian, Perlit, Basalt auftreten, sind als glasartige (hyaline) Partikel anzusehen, während bei dem Auftreten in veränderten Gesteinen zuweilen kein Zweifel bleiben kann, dass dieselben als opalartige (porodine) Bildungen zu betrachten seien.

Die krystallisirten oder krystallinischen Einschlüsse erscheinen als vollständige Krystalle oder als Körner, Nadeln, Blättchen, Schüppchen, endlich als feiner Staub. Oft sieht man dieselben Formen, wie sie bei den Mikrolithen beschrieben wurden. Meistens sind diese Einschlüsse ganz unregelmässig vertheilt, öfters aber ist eine parallele oder schichtenförmige, überhaupt eine regelmässige Anordnung und Interponirung zu bemerken. Eine parallele Anordnung von

Calcitblättchen zeigt mancher Diallag, welchem dadurch ein weisslicher Schiller verliehen wird. Der Leucitkrystall, Fig. 223, zeigt schichtenartige Einlagerungen von Mikrolithen.

Die krystallinischen Einschlüsse kommen aber öfters nicht blos zufällig parallel gelagert und nicht blos mit einer Fläche parallel gelagert vor, sondern sie zeigen sich in manchen Fällen gegen den Wirth krystallographisch orientirt, so wie dies bei den orientirten Verwachsungen (56) angegeben wurde. Ein Beispiel ist das Auftreten der Einschlüsse im Bronzit, Fig. 224. Es sind diese sowohl nadelförmige Krystalle als auch dünne Blättchen, deren Form auf das rhombische Krystallsystem schliessen lässt. Beiderlei Einlagerungen zeigen die Kanten einer Zone zur c-Axe des rhombischen Bronzites parallel und ausserdem eine Fläche dieser Zone zur Fläche 100 des Bronzits parallel. Die Blätt-


Fig. 224. Fig. 225. Fig. 226.

chen verleihen dem Bronzit einen metallartigen Schiller auf 100. Ein anderes Exempel gibt der Glimmer (Phlogopit) von Burgess in Canada, in welchem parallel der Endfläche 001 unzählige, meist sehr schmale Individuen eines anderen Minerals in der Weise eingelagert sind, dass ihre Langseiten zugleich den Flächen (110), zuweilen auch den Längsflächen (010) parallel sind, wodurch eine Anordnung unter 60°, 120°, zuweilen auch unter 90° erfolgt (Fig. 225). Tafeln dieses Glimmers lassen beim Durchsehen eine Lichtflamme als prächtigen sechsstrahligen Stern erscheinen (Asterismus). Orientirte Interponirungen zeigen auch der Eläolith, mancher Labradorit u. a. m.

Eine besondere, hierher gehörige Erscheinung ist die parallele Durchwachsung verschiedener Feldspathe. Früher wurde schon erwähnt, dass Krystalle von Orthoklas zuweilen von Albitkrystallen in paralleler Stellung besetzt und bekleidet werden. Der Albit findet sich aber bei gleicher krystallographischer Orientirung auch im Innern vieler Orthoklaskrystalle in der Form von Flasern und Blättchen, welche nach der aufrechten Axe gestreckt sind. Wird von einem solchen Orthoklaskrystall ein dünnes Blättchen parallel der Endfläche abgespalten, so zeigt sich schon bei schwacher Vergrösserung die Einschaltung von Albit, Fig. 226, indem die langgestreckten Durchschnitte des letzteren sich durch feine Zwillingsstreifung hervorheben.

Digitized by Google

71. Alle die verschiedenen starren Einschlüsse kommen öfters in Krystallen in so grosser Menge vor, dass sie dem Wirth eine ihm sonst fremde Farbe verleiben. So z. B. wird der Stilbit durch viele Blättchen und Körnchen von Eisenglanz roth gefärbt, die Feldspathkrystalle in den Gesteinen erhalten durch Einschlüsse von Augit oder von Magnetit eine grüne oder eine schwärzliche Farbe u. s. w. Manche Minerale beherbergen, wo immer sie vorkommen, stets eine sehr grosse Menge von Einschlüssen, so dass sie im isolirten, im reinen Zustande gar nicht bekannt sind, wie der Staurolith. In solchem Falle ist es gar nicht möglich, das Mineral für eine chemische Untersuchung rein zu erhalten, und in solchen Fällen verhindern die Einschlüsse die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung geradezu, während sie in anderen Fällen, da sie wohl in erheblicher, aber nicht übergrosser Menge vorhanden sind, das Resultat der Analyse stark beeinflussen und für denjenigen unverständlich machen, welcher das Vorhandensein der Einschlüsse nicht vermuthet H. Fischer hat bei manchen Mineralen auf diesen Umstand aufmerksam gemacht [1]) und den Einfluss der Einschlüsse auf das Ergebnis der Analyse besprochen. Eine chemische Analyse, durch welche die Zusammensetzung eines Minerals für sich ermittelt werden soll, darf daher, abgesehen von der sorgfältigen Auslese unter der Loupe, niemals ohne eine vorhergehende mikroskopische Untersuchung in Angriff genommen werden und mag in dem Falle, als eine erhebliche Menge von Einschlüssen wahrgenommen worden, lieber unterlassen werden. In der That haben schon mehrmals Analysen unreiner Minerale auf ganz falsche Schlüsse und irrige Classificationen geführt.

Leider lässt sich nur ein Theil, freilich der grössere Theil der Minerale, in die Form durchsichtiger Blättchen bringen, also im durchfallenden Lichte mikroskopisch untersuchen. Daher ist die feinere Textur und das Vorhandensein der Einschlüsse in den vollständig undurchsichtigen (opaken) Mineralen bisher noch wenig bekannt, und aus diesem Grunde ist bei der Analyse solcher Minerale doppelte Vorsicht geboten. Hier lässt sich aber durch Anschliffe und eine zweckmässige mikroskopische Untersuchung im auffallenden Lichte schon vieles leisten. Diese zeigt, dass in den opaken Mineralen die fremden Einschlüsse in derselben Art und Vertheilung vorkommen, wie in allen übrigen Mineralen, obwohl sich dieselben nicht bis zu solcher Kleinheit verfolgen lassen, wie bei der Beobachtung im durchfallenden Lichte.

72. **Krystallgruppe.** Die Krystalle derselben Art finden sich theils einzeln, theils regelmässig mit einander verbunden, wie dies bei den parallelen Verwachsungen und Zwillingen bemerkt wurde, theils erscheinen sie unregelmässig verbunden, so dass eine krystallographische Gesetzmässigkeit in ihrer Vereinigung nicht zu erkennen ist, wenn auch äusserlich Formen zu Stande kommen, welche man im gewöhnlichen Leben als regelmässig bezeichnen würde. Diese nicht gesetzmässig gebildeten Gesellschaften werden als Gruppen und als Drusen unterschieden.

[1]) Kritische mikroskopisch-mineralogische Studien. Freiburg i. B. 1869 und zwei Fortsetzungen 1871 und 1874.

Digitized by Google

Eine Krystallgruppe ist die Vereinigung mehrerer oder vieler Krystalle in der Art, dass dieselben einander gegenseitig zur Stütze dienen. Wenn die ganze Grnppe keinen Anwachspunkt zeigt, wird sie eine freie Grnppe genannt, dagegen eine halbfreie, wofern ein Endpnnkt der Gruppe aufgewachsen erscheint.

Die freien Gruppen sind schwebend gebildet, z. B. Gruppen von Schneekrystallen in der Luft, Gruppen von Gypskrystallen im Thon. Die halbfreien sind meistens schon ursprünglich sitzend gebildet, indem der erste Ansatz von Krystallen auf einer Unterlage seine Stütze fand, während die später gebildeten sich über diesen aufbauten. In Folge dessen erscheinen manche dieser Gruppen gestielt. Gruppen von Calcit, Buntbleierz.

Die Gesammtform der Gruppe ist öfters eine so charakteristische, dass man selbe durch ein Wort scharf bezeichnen kann. So kommen kugelige Gruppen, welche wie Igel aussehen, am Gyps vor, kugelige, nierenförmige nnd pilzförmige am Pyrit. Tafelförmige Krystalle bilden zuweilen radförmige Gruppen, wie mancher Glimmer, oder fächerförmige oder keilförmige wie der Prehnit, auch rosettenförmige, wie der Eisenglanz (Eisenrosen). Die säulenförmigen Krystalle liefern öfter sternförmige Gruppen, wie sie am Gyps vorkommen und mikroskopisch an den Mikrolithen öfters zu sehen sind, oder sie bilden cylindrische Gruppen wie am Aragonit, gestielte, büschelförmige Gruppen am Malachit, Aragonit oder bündelförmige am Desmin u. s. w.

73. Krystalldruse. Darunter versteht man eine unregelmässige Vereinigung von Krystallen, welche nebeneinander sitzen und auf einer gemeinschaftlichen Unterlage ihre Stütze finden. Oft sind die Drusen blos die auskrystallisirten Enden der Unterlage. Stängeliger oder körniger Kalkspath endet in einer Druse von Kalkspathkrystallen, körniger Bleiglanz in einer Druse von Bleiglanzkrystallen. Ein gemengtes Gestein, wie der Granit, zeigt auf Klüften die Erscheinnng, dass die Gemengtheile in Krystallen endigen und eine gemischte Druse von Feldspath und Quarz hervorbringen. In allen diesen Fällen haben die Krystalle, aus welchen die Druse besteht, gleichsam ihre Wurzeln in der Unterlage. Häufig aber ist die Unterlage eine fremdartige. Die Krystalle sitzen ganz nnvermittelt auf einer Unterlage von anderer Art. Drusen von Schwefelkies auf einer Unterlage von Quarz, Drusen von Gyps auf einer Unterlage von Thon sind Beispiele.

Die Drusen haben äusserlich öfter Formen, welche, von der Gestalt der Unterlage abhängend, einen bestimmten Eindruck hervorrufen. Halbkugelige, nierenförmige, scheibenförmige, keulige, cylindrische Gestalten kommen nicht selten vor. Drusen, welche durch das Herabsickern einer Lösung entstanden sind, haben tropfsteinartige (stalaktitische) Formen. Drusen, welche einen rundlichen Hohlraum auskleiden, werden Geoden oder auch Hohldrusen genannt. Hohldrusen von Quarz, Natrolith, Chabasit, Calcit sind Beispiele. Solche Bildungen finden sich in Melaphyren und Basalten, welche von diesem Vorkommen die Bezeichnung Mandelsteine erhalten haben. Drusen von kleinen und untereinander ziemlich gleich grossen Krystallen bilden drusige Krusten, oder wenn

Digitized by Google

die Dicke geringer ist, Ueberzüge und Drusenhäute, welche besonders auffallend sind, wofern sie grössere Krystalle überziehen, die schon früher gebildet waren, wobei die Form der letzteren noch deutlich erkennbar.

So finden sich Ueberzüge von Quarz auf Bleiglanz, von Schwefelkies auf Barytkrystallen. Kann man die Kruste oder Drusenhaut von den unterhalb gelegenen Krystallen abheben oder ist von Natur aus die krystallisirte Unterlage entfernt, so erscheinen auf der Unterseite dio Hohldrücke der abgeformten Krystalle. Man hat derlei Ueberzüge früher oft als Umhüllungspseudomorphosen bezeichnet, doch ist es richtiger, sie nicht zn den Psendomorphosen zu zählen.

74. Formen krystallinischer Minerale. Wenn Individuen eines Minerales bei der Krystallisation an der Ausbildung ihrer regelmässigen Form behindert werden, so bilden sich krystallinische Minerale. Das Hindernis kann in einer dem Krystall fremden Umgebung liegen oder durch das gleichzeitige Entstehen mehrerer oder vieler Individuen hervorgebracht sein. So wird ein Individnum von Kalkspath durch das umgebende Gestein an der Bildung der Krystallform gehindert und es entsteht anstatt eines Krystalls ein krystallinisches Individuum oder es bilden sich im anderen Falle viele Individnen von Kalkspath neben einander, dieselben wachsen an einander und es bildet sich demzufolge an keinem Individuum eine Krystallfläche aus oder blos an den zu äusserst liegenden Individuen je eine einzige Krystallfläche. In solcher Art entsteht krystallinischer Kalkspath, welcher durch sein Gefüge die Zusammensetzung aus vielen Individuen verräth.

Zuweilen bildet sich ein Mineral krystallinisch aus, ohne dass ein mechanisches Hindernis erkennbar ist. Da jedoch die Bildung der Krystalle nicht blos Raum, sondern auch Ruhe beansprucht nnd einer gewissen Zeit bedarf, so werden Bewegungen des Mediums oft störend gewirkt oder es wird die Zeit nicht ausgereicht haben. Es gibt aber auch Minerale, welche selbst unter günstigen Umständen keine Krystalle bilden, doch aber krystallinisch auftreten, wie das nnter dem Namen Brauner Glaskopf bekannte Eisenerz. Nach den Erfahrungen bei künstlichen Krystallisationen ist in solchen Fällen oft eine fremde Beimischung in der Lösung das Hindernis der Formausbildung.

Wenn ein krystallinisches Mineral aus vielen Individuen zusammengesetzt ist, so werden diese Zusammensetzungsstücke keine Krystallform besitzen, wohl aber von unregelmässigen Flächen begrenzt sein, welche Znsammensetzungsflächen heissen. Dieselben sind meistens uneben.

Je nachdem die Individuen die Tendenz haben, gleichförmig ausgebildete oder tafelförmige, oder säulenförmige Krystalle zu bilden, wird ihre Form auch bei gehinderter Ausbildung bald nach den verschiedenen Richtungen ungefähr gleiche Ausdehnung darbieten oder tafelig oder in die Länge gestreckt sein. Die Form der Individuen oder Zusammensetzungsstücke bedingt das feine Gefüge (die Textur) der krystallinischen Minerale, wovon man der vorigen Andeutung zufolge drei Arten unterscheidet. Die körnige Textur als die erste Art wird weiter als grobkörnig, kleinkörnig, feinkörnig unterschieden. Die

blätterige oder zweite Art im weiteren als dickschalig, dünnschalig, geradschalig, krummschalig, grossblätterig, kleinblätterig, grobschuppig, kleinschuppig, körnigschuppig, schiefrigschuppig. Die stengelige oder dritte Art als dickstengelig, dünnstengelig, grobfaserig, feinfaserig, parallelstengelig, parallelfaserig. radialstengelig, radialfaserig, verworrenstengelig, verworrenfaserig.

Für die Beobachtung mit freiem Ange verschwindet oft die Abgrenzung der Individuen, wofern diese eine allzu geringe Grösse haben, dann erscheint das Mineral dicht. Die feinkörnige, feinschuppige und die feinfaserige Textur bilden sonach den Uebergang zur dichten Textur. Ein dichtes Mineral wird aber bei der Beobachtung unter dem Mikroskop wieder körnig oder schuppig oder verworren faserig erscheinen. Der Ausdruck dicht bezieht sich also blos auf makroskopische Beobachtung.

Während die meisten krystallinischen Minerale compact aussehen, kommen doch auch solche vor, die man als löcherig oder als porös ansprechen muss, wie derlei Bildungen am Kalkspath, Quarz und Dolomit öfter auftreten. Ferner zeigt sich im Gegensatze zum compacten und festen Gefüge zuweilen ein lockeres, und manche Minerale erscheinen zerreiblich, wie dies beim Kaolin und der Kreide der Fall ist.

Krystallinische Minerale bestehen zuweilen aus mehreren Lagen, welche den allmäligen schichtenartigen Absatz erkennen lassen und ein gröberes Gefüge des Ganzen (Structur nach Naumann) darbieten. Durch wiederholten Absatz entstehen schalige Bildungen, wie sie am Achat, Aragonit, Kalkspath, Limonit beobachtet werden. Wenn diese Schalen ein radialstengeliges oder radialfaseriges Gefüge haben, so ist dieses so beschaffen, dass die Richtung der einzelnen Stengel oder Fasern durch alle aufeinander liegenden Schalen fortsetzt. Man hat also eine Erscheinung vor sich, welche an den schichtenförmigen Aufbau der Krystalle erinnert. Das Gefüge ist gleichzeitig radialfaserig und concentrisch schalig, also ein doppeltes Gefüge, das von manchen Mineralogen als Glaskopftextur bezeichnet wird, weil es am braunen Glaskopf (Limonit) und rothen Glaskopf (Rotheisenerz) in ausgezeichneter Weise vorkommt.

75. Die ursprüngliche äussere Form, welche ein krystallinisches Mineral besitzt, kann von dreierlei Art sein. Wenn bei der Bildung ein freier Raum oder ein nachgiebiges Medium vorhanden ist, welches die Entfaltung der eigenthümlichen Form gestattet, so bilden sich freie Formen; wenn hingegen kein solcher verfügbarer Raum vorhanden ist, werden erborgte Formen entstehen; wenn endlich krystallinische Minerale nach ihrer Bildung durch äussere Umstände Formveränderungen erfahren, so werden sie zufällige Formen annehmen.

Die freien Formen, welche Mohs nachahmende Gestalten genannt hat, schliessen sich den Krystallgruppen und Krystalldrusen an. Der Krystallgruppe entsprechen die kugeligen Bildungen, wie sie an dem Erbsenstein zu beobachten sind. Sie haben eine doppelte Textur, da sie zugleich radialfaserig und concentrisch schalig sind. Hierher gehören die Oolithe, Pisolithe, Sphärolithe. Minerale, welche die Tendenz haben, derlei kugelige Formen anzunehmen,

Digitized by Google

bilden öfters Gruppen und Anhäufungen rundlicher Einzelkörper, so dass die mannigfaltigsten Formen entstehen Der Kalkspath ist es namentlich, welcher derlei Concretionen bildet, dio im Thon und Mergel häufig angetroffen werden. Sie ahmen oft verschiedene Gegenstände, besonders organische Formen, nach, und in der Zeit, welche noch keine wissenschaftliche Auffassung der Mineralformen kannte, standen diese Naturspiele bei den Sammlern in besonderem Ansehen. Die anderen freien Bildungen entsprechen zumeist der Druse. Die halbkugeligen Bildungen, wio sie am Natrolith und an manchen faserigen Mineralen vorkommen, sind nicht so häufig, als die complicirteren Vereinigungen, deren einzelne Theile sich mit der Tendenz gebildet haben, Halbkugeln zu bilden. Es sind die nierförmigen und die traubigen Vereinigungen, wie sie schön am Chalcedon, an dem sogenannten braunen und rothen Glaskopf, am Malachit zu sehen sind. Die letzteren zeigen zugleich die doppelte Textur sehr deutlich, während sie der Chalcedon öfters kaum wahrnehmen lässt. Die nierförmigen Gestalten setzen sich aus Ausschnitten grösserer Kugeln, die traubigen aus Ausschnitten kleinerer Kugeln zusammen. Wenn man derlei Bildungen zerbricht, erhält man oft an der Grenze der einzelnen Ausschnitte ebene Zusammensetzungsflächen, besonders schön an den Glasköpfen. Andere freie Formen sind die cylindrischen oder die keulenförmigen, wie sie der Kalkspath öfter bildet, oder die zähnigen, drahtförmigen, wie sio am Silber und am Kupfer oft gesehen werden, oder die haarförmigen oder moosförmigen am Silber und am Gold.

Eigenthümlich sind dio dendritischen Bildungen mit ihren baumförmigen, strauchförmigen und farnkrautähnlichen Umrissen. Sie finden sich in Klüften, wo sie wenigstens in Bezug auf ihren Umriss als freie Bildungen zu gelten haben, aber auch flach gestreckt als Ueberzüge und nach allen Seiten frei entwickelt, wo sie zweifellos freie Bildungen sind. Sie nähern sich in ihrem Wesen den gestrickten Formen, welche theils Krystallstöcke, theils Zwillingsstöcke sind. Dendriten zeigt das Kupfer sehr schön, ebenso zeigen sie mehrere Manganerze.

Zu den freien Bildungen gehören auch die Krusten, Schalen und Ueberzüge krystallinischer Minerale. Wenn derlei Ueberzüge sich auf früher gebildeten Krystallen abgesetzt haben, so zeigen sie nach Entfernung der letzteren deren Abdrücke, wie solche Abformungen schon bei den drusigen Ueberzügen erwähnt worden. Ueberzüge von Limonit, welche Calcitkrystalle abformen oder Ueberzüge von Schwefelkies, welche Barytkrystalle abformen, sind Beispiele.

Die grösste Mannigfaltigkeit freier Formen bieten die tropfsteinartigen (stalaktitischen) Bildungen. Bei diesen sind es die besonderen Umstände, das beständige Nachfolgen neuer Tropfen und Lösungsmengen, welche seltener eine Bildung deutlicher Krystalle gestatten, dagegen häufiger die Entstehung von Zapfen und Cylindern, von Kolben und zuweilen auch von Röhren begünstigen. Derlei Zapfen und Zäpfchen stehen oft mit traubigen und nierförmigen Gestalten in Verbindung und bezeugen deren ähnliche Bildung. Oefter sieht man parallele Systeme von Zapfen und Cylindern und diese wieder durch Querverbindungen

vereinigt. Anstatt einfacher Cylinder bilden sich öfter knospenförmige oder staudenförmige Gestalten oder auch zackige Formen, wie solche an der Eisenblüthe, einer Art des Aragonits, vorkommen.

Die erborgten Formen entstehen zum Theil dadurch, dass Hohlräume oder Spalten der Gesteine von krystallinischen Mineralen eingenommen werden. Diese bilden sich im beschränkten Raume und sind auf solche Weise gehindert, Krystalle zu bilden oder jene Formen darzustellen, wie die freien Bildungen. Das krystallinische Mineral nimmt dadurch die Form der Umgebung an, welche im Allgemeinen eine unregelmässige ist. Ausfüllungen von Klüften geben Platten, die Ausbreitung derselben gibt im Querschnitte oft Formen, die als Adern bezeichnet werden. Ausfüllungen sehr dünner Klüfte geben nach dem Blosslegen dünne Lamellen, die Anflüge heissen.

Die Ausfüllung rundlicher Räume im Gestein erscheint kugelig oder knollenförmig. Beispiele sind die Achatknollen. Zuweilen ist eine solche Ausfüllung ein einziges Individuum, was man bei dem in Mandelsteinen vorkommenden Kalkspath durch die einheitliche Spaltbarkeit erkennt. Auch andere unregelmässige Räume im Gestein erscheinen zuweilen durch ein einziges Individuum ausgefüllt, was bei allen häufigern Mineralen zu beobachten ist.

Das Vorkommen krystallinischer Minerale, welches nicht zu den vorgenannten gehört, also keine Kluftausfüllung und keine scharfbegrenzte kugelige Ausfüllung ist, wird kurzweg als derb bezeichnet, nur wenn die Masse klein ist, etwa wie eine Haselnuss oder kleiner, so wird das Vorkommen als eingesprengt bezeichnet. Die Ausfüllungen, die derben und die eingesprengten Massen, kommen gewöhnlich in einem fremdartigen Gestein vor, z. B. Schwefelkies oder Quarz im Thonschiefer, zuweilen aber ist das umgebende Gestein gleichartig, z. B. beim Vorkommen von körnigem Kalkspath im dichten Kalksteine.

Zu den Bildungen mit erborgten Formen gehören auch die Pseudomorphosen und die Versteinerungen, von denen später die Rede sein wird.

Die krystallinischen Minerale kommen so wie die amorphen sehr häufig in Formen vor, welche sie durch zufällige mechanische Vorgänge erhalten haben, also in der Form von Bruchstücken, von Geschieben und Geröllen, von Sand und Staub. Aus diesen losen Bruchstücken, Körnern etc. können sich wieder compacte Massen zusammenfügen, welche sodann theils im Bruche, theils bei der Untersuchung der Dünnschliffe ihre klastische Natur erkennen lassen.

76. Formen der amorphen Minerale. Hier kann von den flüssigen Mineralen nicht viel die Rede sein, ausser dass man die Tropfenform, die unter Umständen allen zukommt, und die Nebelform beim Wasser hervorhebt. Die starren amorphen Minerale zeigen freie Formen und erborgte Formen unter denselben Umständen, wie die krystallinischen. Die amorphen Minerale bilden demnach kugelige oder halbkugelige, cylindrische, zapfenförmige oder knollige Gestalten, krustenartige, oft wellige Ueberzüge und Vereinigungen verschiedener solcher Formen. Die freie Oberfläche erscheint öfter schön traubig oder nierenföimig, beim Zerbrechen zeigt sich manchmal ein grobes Gefüge zufolge

wiederholten Absatzes, also eine deutliche Schichtenbildung oder ein vorworrenes Flechtwerk. Ein regelmässigeres Gefüge, eine Textur, fehlt natürlich ganz und gar. Demzufolge sind die amorphen Minerale auf ihren Bruchflächen meistens leicht als solche zu erkennen. Sie haben krumme glänzende Bruchflächen, wie Glas oder Harz, während die dichten Minerale, welche eine verschwindende Textur besitzen, durch die mehr oder wenigor matte Bruchfläche sich verrathen. Bleibt man über den Amorphismus eines Minerals im Zweifel, so gibt die mikroskopische und optische Untersuchung den gewünschten Aufschluss.

Bei der Bildung im beschränkten Raume nehmen dio amorphen Minerale auch dio Form von Platten und von Adern an, sie bilden zuweilen knollige Masson, rundliche Ausfüllungen, sie erscheinen derb und eingesprengt. Oefter finden sich die Opale und opalähnlichen (porodinen) Minerale als Imprägnation von krystallinischen Mineralen und geben dieson zuwoilen das Ansehen eines völlig amorphen Minerals.

Die glasartig amorphen Körper haben häufig die Neiguug, in den krystallinischen Zustand überzugehen. Ein bekanntes Beispiel, welches nicht der Mineralogie angehört, ist der goschmolzene Zucker, welcher durch blosses Liegen allmälig zu krystallinischem Zucker umsteht. Die Bonbons zeigeu öfters den Uebergang, indem ihro Rinde aus krystallinischem und zwar faserigem Zucker besteht, während das Innere noch den amorphen Zustand erkennen lässt. Die geschmolzono arsenige Säure liefert beim raschen Erstarren ein Glas, welches aber nach einiger Zoit weiss und undurchsichtig wird und ein porzellanartiges Aussehen erhält, folglich aus einer krystallinischen Masse besteht. Gewöhnliches Glas wird durch andauerndes Erhitzen in einen porzellanartigen Körper (Réaumur'sches Porzellan) verwandelt, es wird entglast und ist nun krystallinisch.

Dio in der Natur vorkommenden Gläser, welche im Obsidian, Bimstein, Rhyolith etc. vorkommon, zeigon häufig solche Trübungen und krystallinische Bildungen, dass man auf eine im Laufe der Zeit eingotretene Entglasuug schliesst. Dieser Schluss ist dadurch gerechtfertigt, dass bei der mikroskopischen Untersuchung jene krystallinische Beschaffenheit wahrgonommen wird, welche bei den künstlichen Entglasungen auftritt.

Manche Minerale kommen in der Gestalt eines amorphen Pulvers oder thoniger, oder gallertartiger Massen vor. Diese zeigen unter dem Mikroskope Flocken oder Körnchen oder Kügelchen, welche oft in einander verfliessen. Beispiele sind Bergmilch, Kaolin und die gallertartige Kieselsäure.

77. Pseudomorphosen. Das Auftreten der Mineralo in erborgten Formen ist besonders auffallend an jenen merkwürdigen Gebilden, welche schon von Werner als unechte Krystalle erkannt und Afterkrystalle genannt wurden. Sie zeigen eine Krystallform und diese zuweilen in grosser Schärfe, aber ihre innere Beschaffenheit widerspricht ihrer äusseren Gestalt, denn sie sind im Innern fast immer unregelmässig krystallinisch oder amorph. Das Mineral oder das Mineralgemenge, ans welchem sie bestehen, hat sich nicht ursprünglich mit dieser Form

gebildet wie ein echter Krystall, sondern es hat die Form eines früher vorhandenen Krystalls überliefert erhalten. Naumann definirt demnach die Pseudomorphosen als krystallinische oder amorphe Minerale, welche, ohne selbst Krystalle zu sein, die Krystallform eines anderen Minerals zeigen.

Die Pseudomorphosen werden ihrer Bildung nach eingetheilt in Ausfüllungs- und in Veränderungs-Pseudomorphosen, die letzteren noch weiter in Umwandlungs- und in Verdrängungs-Pseudomorphosen. Früher wurden auch die Ueberzüge der Krystalle (73) zu den Pseudomorphosen gerechnet.

Wenn der hohle Abdruck eines Krystalls durch irgend ein Mineral ausgefüllt wird, so kann sich ein Abguss, eine positive Abformung bilden, welche die Gestalt eines Krystalls nachahmt. Solche seltene Bildungen werden Ausfüllungs-Pseudomorphosen genannt. Kenngott schlägt die Bezeichnung Pleromorphosen vor. Die Abgussformen aus Thon, welche die Würfelform des Steinsalzes erkennen lassen, gehören in diese Abtheilung. Sie werden damit erklärt, dass Steinsalzkrystalle im Thon gebildet, später aber aufgelöst wurden, wobei sich allmälig eine feine Thonmasse in den Hohlraum einschlämmte.

Die Ausfüllungen sind von keiner weitergehenden Bedeutung. Sie sind nur uneigentliche Pseudomorphosen. Die zweite Abtheilung hingegen, welche die Veränderungs-Pseudomorphosen umfasst, eröffnet ein weites, ausserordentlich wichtiges Gebiet, in welchem die wichtigsten Thatsachen einer Physiologie der Minerale enthalten sind.

Diese Gebilde bezeichnen eine Metamorphose, welche vorhandene Krystalle erlitten, und zwar kann die letztere entweder nur das Gefüge betroffen haben (Paramorphosen) oder wie es in den meisten Fällen geschieht, auch die Substanz ergriffen haben, also eine chemische Veränderung sein. Von dieser chemischen Umbildung wird erst nach Betrachtung der substantiellen Eigenschaften der Minerale die Rede sein und gezeigt werden, dass dabei öfters ein Theil der Substanz erhalten bleibt (Umwandlung) oder die Substanz völlig ausgetauscht wird (Verdrängung).

Die Krystallform des ursprünglichen Minerales ist an den Pseudomorphosen bisweilen vortrefflich erhalten, so dass die Winkel nur eine geringe Veränderung verrathen. Pseudomorphosen, aus Serpentin bestehend, gaben Haidinger Winkel, welche jenen der Olivinkrystalle sehr nahe kommen. Die grünen, aus Malachit bestehenden Pseudomorphosen, welche die Krystallform des Atakamits erkennen lassen, lieferten v. Kokscharow und dem Autor bei der Beobachtung der Winkel Zahlen, welche mit den für Atakamit geltenden beinahe übereinstimmen. Auch die feine Zeichnung und Riefung der Flächen ist bisweilen schön erhalten, wie an den Brauneisenkörpern mit der Form des Eisenkieses oder an den aus Speckstein bestehenden Pseudomorphosen, welche die Formen von Quarzkrystallen bis auf die feinste Riefung der Säulenflächen wohl erhalten an sich tragen. Die Form schwebender Krystalle wird durch die umhüllende Matrix conservirt, die Form sitzender Krystalle aber dadurch gut erhalten, dass sich zuerst ein dünner Ueberzug bildet und hierauf die Veränderung beginnt. So erhält sich nach Bischof die Form sitzender Cupritkrystalle zuweilen dadurch,

dass die Umwandlung in Malachit unter einem Ueberzug von Brauneisenerz vor sich geht.

Die Textur der Pseudomorphosen ist in der Regel dicht bis feinkörnig oder wirr-blätterig, oder verworren-faserig. Gröber körnige oder parallel blätterige oder parallel faserige Textur ist seltener. Die parallele Stellung der neu gebildeten Blättchen oder Fasern ist eine merkwürdige Erscheinung. Da wir annehmen, dass in jedem Krystall die Theilchen der Molekel gegen einander parallel orientirt sind nnd da auch in dem veränderten Krystalle die parallele Stellnng der Theilchen erkannt wird, so beschränkt sich in einem solchen Falle die Erhaltung nicht blos auf die äussere Form, sondern mehr oder weniger deutlich auch auf die Lagerung der Theilchen. Es wird sich später zeigen, dass damit eine chemische Aehnlichkeit des ursprünglichen Krystalls und der Neubildnng Hand in Hand geht. Man kann solche Pseudomorphosen als homoaxe bezeichnen, wogegen alle anderen heteroaxe heissen würden. Bei den homoaxen ist öfters die Spaltbarkeit des ursprünglichen Minerals ziemlich gnt erhalten nnd manchmal wird die Spaltbarkeit sogar deutlicher, wie z. B. beim Schillerspath. Ein Beispiel einer homoaxen Pseudomorphose ist ausserdem der Uralit, welcher Augitform zeigt und im Inneren aus parallelen Hornblendefasern besteht.

Manche Pseudomorphosen bestehen aus einem einfachen Mineral, andere enthalten ausser dem herrschenden Mineral eine geringe Beimengung eines zweiten, manche endlich bestehen aus einem Gemenge zweier oder mehrerer Minerale. Man pflegt die Pseudomorphosen nach dem in ihnen herrschenden Minerale zu classificiren, also diejenigen, welche aus Kalkspath bestehen, in dieselbe Abtheilung, die aus Quarz bestehen, zusammen genommen in eine andere Abtheilung zu stellen. Man kann aber auch die Eintheilung nach dem ursprünglichen Minerale treffen, also z. B. diejenigen Pseudomorphosen, welche aus Augit entstanden sind, zusammenstellen, jene, welche aus Eisenkies hervorgegangen sind, nebeneinanderstellen u s. f. Bei der Anführung der Pseudomorphosen pflegt man nach dem Vorgange von Blum das Mineral, aus welchem die Pseudomorphose besteht, zuerst und hierauf das ursprüngliche zu nennen und beide Namen durch das Wörtchen „nach“ zu verbinden. So wird eine der früher genannten als „Psendomorphose von Serpentin nach Olivin“, eine andere als „Pseudomorphose von Speckstein nach Quarz“, eine dritte als „Pseudomorphose von Schillerspath nach Bronzit“ bezeichnet. Pseudomorphosen, die aus einem Gemenge von Mineralen bestehen, erhalten eine entsprechende Bezeichnung, z. B. Kaolin und Quarz nach Feldspath.

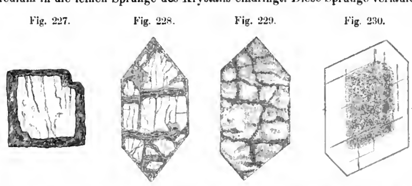
Oft lässt sich die Verwandlung eines krystallisirten Minerals, also die Pseudomorphosenbildung, genau verfolgen. Dabei leistet, wie begreiflich, die mikroskopische Untersuchung ganz Ausserordentliches. In vielen Fällen bildet das Umwandlungsproduct nur die äussere Schichte, während im Inneren noch ein frischer Kern sichtbar ist. Die Umwandlung schreitet in solchen Fällen entweder unregelmässig, also nach krnmmen Flächen vor oder sie dringt nach ebenen Flächen gegen das Innere. Diese Art der Veränderung zeigen die rhomboëdrischen Krystalle von Eisenspath, welche sich in gewöhnliches Brauneisenerz

(Limonit) verwandeln, oder Krystalle von Eisenkies, die sich in ein anderes Brauneisenerz (Göthit) verwandeln. Fig. 227 zeigt den Querbruch eines Würfels von Eisenkies, der noch einen frischen Kern enthält, im Uebrigen aber in dichten Göthit verwandelt ist.

Oefters schliessen Kern und die neugebildete Rinde nicht eng aneinander, sondern es existirt ein Zwischenraum, ja der Kern verschwindet früher, bevor die von aussen vordringende Pseudomorphosenbildung zum Inneren gelangt, und es entstehen hohle Pseudomorphosen, die man schon oft für blosse Umhüllungen gehalten hat. Dies geschieht häufig bei der Bildung der Pseudomorphose von Quarz nach Calcit [1]).

Die Umbildung schreitet zuweilen in der Weise vor, dass das zersetzende Medium in die feinen Sprünge des Krystalls eindringt. Diese Sprünge verlaufen

Fig. 227. Fig. 228. Fig. 229. Fig. 230.



gewöhnlich nach der Spaltbarkeit. Das neu entstehende Mineral bildet sich demzufolge in den Sprüngen und an den Wänden derselben. Hat es ein grösseres Volum als das ursprüngliche, so zersprengt es den Krystall von Neuem, die Verwandlung schreitet in gleicher Weise fort, bis die Sprünge wieder zusammentreffen und bis ein ganzes Netzwerk von Sprüngen, zugleich aber auch ein Netz des neuen Minerals entstanden ist. Endlich werden auch die Maschen des Netzes umgewandelt. Derart ist die Umwandlung des Olivins in Serpentin (Autor, Sitzungsber. d. W. Akad. Bd. 56). Fig. 228 gibt den mikroskopischen Durchschnitt eines Olivinkrystalls, an welchem nicht blos eine Rinde von Serpentin entstanden, sondern die Serpentinbildung auch netzartig fortgeschritten ist. Weil bei dieser Umwandlung häufig auch etwas Magneteisenerz gebildet wird, so sieht man die schwarzen Körnchen desselben an den Stellen, wo sich früher Sprünge gebildet haben, nicht selten. Die folgende Fig. 229 zeigt den Durchschnitt der vollendeten Pseudomorphose, die ihre Bildungsweise an der netzförmigen Zeichnung deutlich erkennen lässt.

Bisweilen beginnt die Umwandlung im Innern des Krystalls, wie bei manchen Feldspathkrystallen, die in der äusseren Schichte noch kaum angegriffen sind, im Inneren aber eine erdige Masse, wahrscheinlich Kaolin enthalten, wovon Fig. 230 eine Vorstellung gibt. Dieser sonderbare Anfang der Pseudomorphosen-

[1]) Ueber die künstl. Erzeugung hohler Ps. Knop i. d. Zeitschr. f. Kryst. IV, pag. 257.

Digitized by Google

bildung wird nach Zirkel dadurch erklärt, dass im Innern der ursprünglichen Krystalle viele Lücken mit dampfförmigen oder flüssigen Einschlüssen vorhanden waren, so dass dem zersetzenden Medium, welches durch feine Sprünge in das Innere drang, dort eine grosse Oberfläche geboten war, also der Angriff daselbst rascher erfolgen konnte, als an der Oberfläche des Krystalls.

Da nicht nur Krystalle, sondern auch krystallinische Massen der Umwandlung unterliegen, so kömmt es nicht selten vor, dass die durch Umwandlung entstandenen Minerale zwar keine Krystallform zeigen, aber durch ihr Gefüge den Ursprung verrathen. Der rothe Glaskopf, welcher eine traubige oder nierförmige Oberfläche hat und jene doppelte Textur (Glaskopftextur) zeigt, die zugleich radialfaserig und concentrischschalig ist, geht aus dem braunen Glaskopf, einer Art des Limonits hervor, wobei Oberfläche und Textur erhalten bleiben. Haidinger sprach sich also dahin aus, dass der rothe Glaskopf eine Pseudomorphose nach braunem Glaskopf sei. Blätterige Massen von Aragonit, welche noch die Spaltflächen von Gyps erkennen lassen (Schaumkalk), sind als Pseudomorphosen von Aragonit nach Gyps bezeichnet worden u. s. f. Hält man diese Bezeichnung fest, so muss dementsprechend die Naumann'sche Definition der Pseudomorphose erweitert und gesagt werden: Pseudomorphosen sind krystallinische oder amorphe Minerale, welche entweder die Form oder die Textur eines von ihnen verschiedenen Minerales oder auch beides an sich tragen.

Scheerer hat den Gedanken ausgesprochen, dass es Pseudomorphosen gebe, welche von Mineralarten herrühren, die gegenwärtig nicht mehr existiren, die gleichsam ausgestorben sind. Obwohl die Möglichkeit zugegeben werden muss, so ist es doch bisher nicht gelungen, hierfür einen beweisenden Fall anzuführen.

Als ältere Schriften über Pseudomorphosen sind hervorzuheben: Breithaupt: Ueber die Echtheit der Krystalle. Freiberg 1815. Haidinger in Pogg. Annalen. Bd. 11, pag. 173 und 366. Bd. 62, pag. 161; als neuere Schriften: Scheerer: Ueber Afterkrystalle. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. 2. Aufl. 1837. L. Bischof, Lehrbuch der chemischen Geologie, erste Aufl. 1847 und in der 2. Auflage 1863—66. Bemerkungen über Ps. Delesse in den Annales de mines. [5] Bd. 16, pag. 317. E. Geinitz, N. Jahrbuch f. Mineralogie. 1876, pag. 449. Eine Zusammenstellung eigener und fremder Beobachtungen sammt Angabe der Literatur gab R. Blum in dem sehr verdienstlichen Werke über die Pseudomorphosen des Mineralreiches. Stuttgart 1843, nebst erstem bis viertem Nachtrag aus den Jahren 1847, 1852, 1863, 1879, und auch Roth: Chemische Geologie. Berlin 1879.

78. Versteinerungen. So bezeichnet man im Allgemeinen jene Formen einfacher Minerale und Gemenge, welche von Organismen herrühren, ob sie nun blos äussere Formen oder blos das Gefüge von organisirten Wesen oder beides erkennen lassen. Da in den Versteinerungen ebenfalls Minerale mit erborgten Formen auftreten, so zeigt sich eine wesentliche Aehnlichkeit mit den Pseudomorphosen, daher auch wieder Abdrücke und Producte der Veränderung unterschieden werden können.

Digitized by Google

Hohle Abdrücke (Spurensteine) finden sich besonders häufig im Kalkstein, sonst auch im Dolomit, im Sandstein u. s. w. Sie entstehen durch die Abformung von Organismen, deren Substanz später in gelöster Form weggeführt wurde. Bei diesem Vorgange bleibt öfters der Abguss der Innenseite hohler Formen erhalten, wie dieses die Abgüsse des Innenraumes von Schnecken und Muscheln zeigen, welche Steinkerne genannt werden. Die eigentlichen Versteinerungen entstehen durch Veränderungen der Substanz, aus welcher die Organismen zusammengesetzt sind. Die Schalen und kalkigen Gerüste niederer Thiere liefern den grösseren Theil der Versteinerungen, wobei nur eine verhältnismässig geringe Veränderung platzgreift, indem die Versteinerung wieder aus Kalkspath, seltener aus Aragonit besteht. Pflanzen und Thierkörper geben oft flachgedrückte Ueberreste, wie die Abdrücke von Blattpflanzen, Fischabdrücke, welche meist aus einer dünnen Schicht von Kohle bestehen. Die Anhäufung grösserer Mengen von Pflanzenresten gibt schliesslich die verschiedenen Braun- nnd Schwarzkohlen, in welchen oft noch direct oder nach geschicktem Präpariren die pflanzliche Textur zu erkennen ist.

Das versteinerte Holz ist meistens verkieselt, aus Opal oder Quarz bestehend. Im ersteren Falle ist die ursprüngliche Textur so deutlich erkennbar, dass der Dünnschliff unter dem Mikroskop denselben Anblick gewährt, wie ein wohlgerathener Schnitt aus dem frischen Holze, und doch ist alles vollständig durch Opal ersetzt und von der Holzsubstanz nichts mehr vorhanden.

Man unterscheidet öfters zwischen recent und fossil, indem jener Ausdruck auf die wenig veränderten Reste jetzt noch lebender Organismen, dieser auf die stärker veränderten Ueberbleibsel ausgestorbener Wesen angewandt wird.

Das Mineral, aus welchem die Versteinerung besteht, ist in vielen Fällen unbestimmt körnig, schuppig, dicht u. s. f. Manchmal gibt sich eine besondere Form des neu eintretenden Minerals kund, wie die „Kieselringe" des Chalcedons und Opals bei manchen Verkieselungen. Sehr häufig hat das versteinerungsbildende Mineral seine sichtbare Textur von dem organischen Ueberreste entlehnt. Hierher gehört das schalige Gefüge vieler Muschelversteinerungen, die radialfaserige Textur der Belemniten und als ein besonders auffallendes Beispiel die Orientirung der Kalkspathindividuen in jenen Versteinerungen, welche von Echiniden, Seesternen, Crinoiden herrühren. Jeder Stachel des Seeigels, jedes Stengelglied der Seelilie, jede Platte ihres Kelches etc. ist ein Kalkspathindividuum, dessen Hauptaxe entweder der Längsaxe des Stachels etc. parallel ist oder überhaupt eine bestimmte Stellung zu der Körperaxe einnimmt. Vgl. Hessel, Einfluss des organischen Körpers auf den unorganischen. Marburg 1826.

Früher wurde schon erwähnt, dass manche krystallinische selbständige Bildungen Aehnlichkeit mit Versteinerungen besitzen. Die dendritischen oder die moosförmigen Bildungen sind früher einigemale als Pflanzenreste gedeutet worden.

Die erwähnten Minerale Kalkspath, Aragonit, Opal, Quarz, Kohle bilden hauptsächlich das Material der Versteinerungen, bisweilen aber treten Gyps, Baryt, Cölestin etc. an ihre Stelle. Wenn Minerale, die ein schweres Metall enthalten,

Digitized by Google

wie Eisenkies, Brauneisenerz, Zinkspath, Rotheisenerz, Eisenspath in der Form von Versteinerungen auftreten, so spricht man von Vererzung. Sowohl Thier- als Pflanzenreste finden sich öfter durch Eisenkies vererzt. Literatur über die Minerale der Versteinerungen in dem vorerwähnten Werke von Blum über die Pseudomorphosen des Mineralreiches.

II. Mineralphysik.

79. Elasticität. Cohärenz. Aeussere Einwirkungen vermögen die Gestalt der starren Körper vorübergehend zu verändern. Dabei setzen die letzteren jedoch einen Widerstand entgegen, dessen Grösse und Beschaffenheit unter den Begriff der Elasticität fällt.

Werden die Körper in die Form von Stäbchen gebracht, so lässt sich durch Anhängung von Gewichten ein Zug, durch Auflage von Gewichten ein Druck auf dieselben ausüben und die Verlängerung oder Verkürzung messen. Stäbchen, die an einem Ende geklemmt werden, erfahren durch Gewichte, die am freien Ende senkrecht zur Längsaxe wirken, eine Biegung, ebenso Stäbchen, die an beiden Enden unterstützt und in der Mitte belastet werden. Auch die Drehung, welche das freie Ende eines einseitig geklemmten Stäbchens erfährt, lässt sich durch Gewichte hervorbringen. Je grösser das Gewicht ist, welches nöthig erscheint, um eine bestimmte Verlängerung oder Biegung oder Drehung vorübergehend hervorzurufen, desto grösser ist die Elasticität des untersuchten Körpers. Für das mineralogische Gebiet ist die Elasticität, welche Stäbchen zeigen, die aus Krystallen geschnitten sind, von Interesse. Nach den Versuchen von Baumgarten zeigt sich in Kalkspathkrystallen die grösste Elasticität parallel den Rhomboëderkanten und die geringste parallel den horizontalen Kanten des zugehörigen Prisma. Voigt und Groth bestimmten die Elasticität des Steinsalzes senkrecht zur Würfelfläche und zur Oktaëderfläche, und fanden beide im Verhältnisse 1 : 0·763. Gyps und Glimmer wurden von Coromilas, Fluorit von Klang, Sylvin von Koch geprüft.

Savart bestimmte die Elasticität einiger Krystalle durch Beobachtung der Tonhöhe und der Klangfiguren an Platten, welche in verschiedenen Richtungen aus denselben geschnitten wurden. Platten von Bergkrystall gaben verschiedene Töne, je nachdem sie parallel R oder $-R$ oder parallel den Prismenflächen u. s. w. geschnitten waren. Der Unterschied ging bis auf eine Quinte. Von den Platten, welche der Hauptaxe parallel geschnitten waren, zeigten sich immer je drei unter einander gleich, welchen eine um 120° verschiedene Lage entsprach. Platten aus Calcit gaben ähnliche Resultate, indem sich jene Platten gleich verhielten, welche gemäss der Symmetrie des Rhomboëders krystallographisch gleichen Flächen parallel waren. Gypsplatten befolgten monokline Symmetrie. Amorphe Körper lieferten nach jeder Richtung gleiche Platten. Holz, welches nach drei Richtungen verschiedenen Bau hat, zeigte demgemäss nach verschiedenen Richtungen verschiedene Elasticität. Platten von Holz boten daher Ana-

Digitized by Google

logie mit Krystallplatten. Aus der Tonhöhe schwingender Stäbe von Eis und Steinsalz hat auch Reusch deren Elasticität zu bestimmen gesucht.

Lit. Baumgarten in Poggendorff's Annalen, Bd. 152, pag. 369. Voigt ebendas. Ergänzungs-Bd. 7, pag. 177. Coromilas in d. Zeitschr. für Krystallographie, Bd. 1, pag. 407. Klang, Wiedem. Ann. Bd. 12, pag. 321, Koch, Bd. 18, pag. 325. Savart, Pogg Ann., Bd. 16, pag. 206. Angström, ebendas. Bd. 86, pag. 206. Neumann ebendas. Bd 31, pag. 177. Reusch ebendas. Neue Reihe, Bd. 9, pag. 329.

80. Wenn Minerale solchen Angriffen ausgesetzt werden, welche ihre Gestalt bleibend ändern, so zeigen sie sich in ihrem Verhalten oft ungleich und man sagt daher, dass ihre Cohärenz oder ihre Tenacität verschieden sei.

Versucht man dünne Blättchen oder Stäbchen zu biegen, so werden einige, wie z. B. Glimmer, Asbest, nach der Einwirkung wieder in ihre frühere Lage zurückspringen und sich als elastisch erweisen, während andere Minerale, wie Chlorit, Gyps oder Talk in der neuen Lage verharren. Man nennt letztere biegsam. In der Natur kommen zuweilen gebogene Krystalle von Gyps oder von Chlorit vor. Zuweilen finden sich aber auch gebogene Krystalle von solchen Mineralen, welche sonst beim Biegen zerbrechen würden, wie z. B. gebogene Säulchen von Epidot, Blättchen von Eisenglanz.

Beim Schaben, Theilen und Kratzen der Minerale beobachtet man gewöhnlich unter knisterndem Geräusch ein Fortspringen der Splitter und des Pulvers, ferner ein häufiges Ausbrechen des Schnittes und freiwilliges Fortsetzen der entstandenen Sprünge. Minerale dieses Verhaltens sind spröde, z. B. Flussspath, Feldspath, während man als milde solche bezeichnet, deren Pulver nicht heftig wegspringt, sondern beim Schaben auf der Klinge liegen bleibt, wie z. B. Speckstein, Graphit. Entstehen gar keine Sprünge, bilden sich gar keine Splitter, kein Pulver, sondern gibt das Mineral dem eindringenden Messer oder der Spitze vollständig nach, so wird das Mineral geschmeidig genannt, wie das Gold, Silber, der Silberglanz. Die hierher gehörigen Minerale sind meistens auch dehnbar oder ductil, da sie sich zu dünnen Blechen hämmern oder zu Draht ausziehen lassen. Wenn ein Mineral sich entweder gar nicht, oder nur sehr schwierig zerschlagen lässt, so wird es zähe genannt, wie z. B. Eisen und alle dehnbaren Metalle; ferner im geringeren Grade Nephrit, Chalcedon und mehrere wirrfaserige Minerale.

81. Die Festigkeit der Körper äussert sich am einfachsten bei Anwendung eines durch Gewichte hervorgebrachten Zuges bis zum endlichen Zerreissen. Sohncke prüfte die Zugfestigkeit des Steinsalzkrystalls und fand, dass, wofern ein Stäbchen, das senkrecht zur Würfelfläche genommen war, durch ein Gewicht von 1 Kilogramm zerrissen wurde, ein gleiches zur Oktaëderfläche senkrechtes Stäbchen das Doppelte und ein zur Fläche des Rhombendodekaëders senkrechtes 2·6 mal so viel bedurfte, um zu zerreissen; die Zerreissungsflächen waren immer die Würfelflächen, nach welchen auch die Spaltung erfolgt (Pogg. Ann. Bd. 137, pag. 177).

Digitized by Google

Die Festigkeit, welche die Minerale beim Zerdrücken erkennen lassen, (rückwirkende Festigkeit) hat nur bei den Krystallen und amorphen Körpern eine bestimmte Grösse, während sie bei den krystallinischen Aggregaten von der Art der Verbindung abhängt, in welcher sich die Individuen befinden. Dasselbe Mineral zeigt grössere rückwirkende Festigkeit, wenn es dicht ist, als wenn es körnig erscheint. Würfel von Kalkstein, welche alle aus demselben Minerale, nämlich Kalkspath bestehen, wurden durch aufgelegte Gewichte zerdrückt, wobei für je einen Quadratmillimeter die folgende Zahl von Kilogrammen erforderlich waren:

Dichter dunkelfarbiger Kalkstein . .	14·03
Weisser körniger Kalkstein	10·41
Matter erdig aussehender Kalkstein .	3·06
Weicher erdig aussehender Kalkstein	1·05

Ebenso verhält es sich mit den krystallinischen Mineralgemengen. Ein dichter Porphyr erforderte 24·78 Kilogr., während ein körniger Granit, welcher aus denselben Mineralen besteht, 17·31 und ein anderer Granit 10·1 Kilogr. erforderte. Die rückwirkende Festigkeit kommt bei der Schätzung des Werthes der Baumateriale in Betracht.

82. Spaltbarkeit. Bei der Betrachtung der Krystallformen ist schon wiederholt auf die Eigenschaft vieler Krystalle, nach ebenen Flächen spaltbar zu sein, aufmerksam gemacht worden. Die Spaltflächen werden entweder absichtlich durch Anwendung eines Messers, eines Meissels etc. hervorgerufen, oder sie erzeugen sich ohne unsere Absicht durch Druck oder Erschütterung, welchen die Krystalle oder Individuen ausgesetzt sind. Zuweilen kommen die Minerale schon zerspalten in unsere Hände, wie z. B. mancher Glimmer, Gyps, Bleiglanz, so dass dieselben so aussehen, als ob sie aus Blättern oder Würfeln zusammengesetzt wären, die ohne Anstrengung auseinander genommen werden könnten. Unveränderte Individuen und Krystalle hingegen zeigen die Blätterung nicht, und sind frei von Sprüngen. Die Spaltfläche bildet sich also an dem unveränderten Individuum erst im Augenblicke des mechanischen Eingriffes und die Spaltung kann hierauf zu der einmal erhaltenen Fläche parallel wiederholt werden. Geht die Spaltung gut von statten, so erhält man den Eindruck, dass dieselbe immer weiter fortgesetzt werden könne und dass nur unsere mechanischen Hilfsmittel hindern, dieselbe bis ins unendlich Kleine zu verfolgen. Die Theorie sagt uns jedoch, dass dieselbe nur soweit getrieben werden könne, bis das erhaltene Blättchen eine einzige Molekelschichte enthält oder bis die einzelnen Molekel von einander getrennt werden.

Den Ebenen der Spaltbarkeit entsprechen Maxima, den dazu senkrechten Richtungen aber Minima der Cohäsion, was durch die genannten Erscheinungen beim Zerreissen bestätigt wird.

Die Spaltflächen liegen immer bestimmten Krystallflächen parallel. Wird ein Krystall gespalten, so sind die Spaltflächen entweder solchen Flächen parallel, die auch äusserlich am Krystall wahrgenommen werden, oder solchen, die am selben

Digitized by Google

Krystall möglich sind. Bleiglanzwürfel sind parallel den äusseren Flächen spaltbar. Oktaëder von Bleiglanz spalten nach Flächen, welche die Ecken des Oktaëders abstumpfen und welche als dem Hexaëder entsprechend am selben Krystall möglich sind.

An einem krystallinischen Individuum ohne Flächenausbildung erfährt man daher durch Spaltung die Lage möglicher Krystallflächen, und man kann in solchem Falle durch die Beobachtung der Spaltflächen öfter das Krystallsystem oder sogar eine einfache Combination erkennen. Gleichen Krystallflächen sind auch gleiche Spaltungsflächen parallel, daher verrathen Spaltflächen, welche nicht im gleichen Grade eben sind, die Ungleichheit der zu ihnen parallelen Krystallflächen. Man kann daher die Spaltbarkeit zur Classification der Krystallflächen benutzen oder die Richtigkeit der Auffassung einer Krystallform durch die Spaltbarkeit controliren.

Durch Spalten lässt sich zuweilen eine geschlossene Form, eine Spaltungsform erhalten. Dieselbe kommt in ihrer Beschaffenheit einem Krystalle gleich, doch wird sie meistens verzerrt aussehen. Bleiglanz liefert verzerrte Würfel, bei einiger Sorgfalt wird man ziemlich ebenmässige Würfel erhalten. Calcit gibt rhomboëdrische Spaltungsstücke oder auch Rhomboëder. Ans Flussspath kann man Oktaëder oder auch scheinbare Tetraëder erhalten. Blende, welche nach dem Rhombendodekaëder spaltbar ist, liefert nur bei grosser Sorgfalt die letztere Form, sonst aber verschiedene Gestalten, die weniger als zwölf Flächen haben. Glimmer, der blos nach einer einzigen Fläche spaltbar ist, gibt keine Spaltungsform. Die monokline Hornblende, welche nach dem aufrechten Prisma spält, gibt, weil dieses eine offene Form, auch keine eigentliche Spaltungsgestalt.

Wenn die erhaltenen Spaltflächen so glatt und eben sind, dass sie das Licht ausgezeichnet oder vollkommen reflectiren, so wird die Spaltbarkeit als höchst vollkommen bezeichnet, wie am Gyps und Glimmer, oder als sehr vollkommen, wie am Baryt oder Calcit, oder als vollkommen, wie am Augit, Fluorit, dagegen als unvollkommen, wenn die erhaltenen Flächen nicht eben erscheinen, wie am Granat und Vesuvian. Bisweilen lassen sich noch Spuren einer Spaltbarkeit erkennen, wie am Turmalin, dessen Spaltung sehr unvollkommen genannt wird. Die erhaltenen Flächen erscheinen in manchen Fällen fein gerieft, indem äusserst schmale Flächentheile unter ein- und ausspringenden Winkeln zusammentreffen. Dies rührt von wiederholter Zwillingsbildung her und ist vorzüglich am Plagioklas (triklinen Feldspath) zu beobachten. Zähe Minerale lassen sich schwieriger, spröde hingegen leichter spalten. Geschmeidigkeit und Biegsamkeit ist auch oft beim Spalten hinderlich, wie man beim krystallinischen Eisen und beim Chlorit wahrnimmt.

83. Die Spaltflächen liegen im tesseralen Systeme den primären Flächen parallel. Man beobachtet am häufigsten die Spaltbarkeit parallel dem Würfel (100) wie beim Steinsalz und Bleiglanz, seltener jene nach dem Rhombendodekaëder (110), wie bei der Blende, und nach dem Oktaëder (111), wie am Rothkupfererz.

Digitized by Google

Der Analogie wegen pflegt man auch in den übrigen Krystallsystemen dort, wo verschiedene Deutungen möglich sind, die Spaltebenen als primäre Flächen anzunehmen, doch ist dies zugleich eine Forderung der Theorie, welche schon Hauy dazu führte, die Spaltungsform als Grundform zn betrachten, und welche nach dem heutigen Ausdrucke die primären Molecularebenen, besonders die Endflächen, als Ebenen der grössten Cohäsion hinstellt (28).

Im tetragonalen System findet sich öfter die Spaltbarkeit nach der Endfläche (001), wie am Uranit, ferner nach einem aufrechten Prisma, welches als (100) oder als (110) aufgefasst wird, wie am Zinnerz, Rutil, Skapolith. Seltener ist die Spaltbarkeit nach (101) z. B. am Scheelit.

Das hexagonale System zeigt wieder als häufigste Spaltbarkeit die nach der Basis (0001), wie am Beryll und nach einem Prisma, welches als Protoprisma (10$\bar{1}$0) aufgefasst wird, wie am Apatit, Nephelin. Nach der hexagonalen Pyramide bemerkt man selten eine Spaltbarkeit (Pyromorphit). Die rhomboëdrische Hemiëdrie bringt eine eigenthümliche Spaltbarkeit, nämlich jene parallel dem Rhomboëder mit sich. (Calcit, Dolomit.)

Im rhombischen Systeme beobachtet man am häufigsten Spaltbarkeit nach einer der drei Endflächen, wie z. B. am Topas, Diaspor. Selten zeigt sich Spaltbarkeit nach allen drei Endflächen, wie beim Anhydrit. Eine grössere Anzahl von Mineralen ist nach einem Prisma spaltbar, welches entweder als aufrechtes oder als Längs- oder als Querprisma genommen werden kann. Bronzit, Weissbleierz, Baryt sind Beispiele. Selten ist die Spaltbarkeit nach einer Pyramide, welche man als (111) annehmen wird, wie am Schwefel.

Von den monoklinen Krystallen bieten viele die Spaltbarkeit nach der Symmetrieebene (010) dar, wie der Gyps, der Orthoklas. Spaltungen senkrecht zur Symmetrieebene kommen auch häufig vor. Man wird ihre Richtungen als (100) oder (001) betrachten. Beim Gyps wird sie als (100) genommen, während man sie beim Orthoklas als (001) bezeichnet. Ein Spaltungs-Prisma, welches parallel zur Symmetrieebene gestreckt ist, wird entweder als aufrechtes Prisma (110), wie bei Hornblende nnd Augit, oder als Längsprisma (011), oder als Grundpyramide (111) betrachtet, wie beim Gyps, an welchem die letztere Spaltbarkeit faserig erscheint.

Im triklinen Systeme werden die Spaltebenen vor Allem als Endflächen gedeutet, wie z. B. bei den Plagioklasen, welche in der Form Aehnlichkeit mit dem Orthoklas und die entsprechende Spaltbarkeit zeigen. Die beiden Ebenen der deutlicheren Spaltbarkeit werden hier als (010) nnd (001) aufgefasst, während eine dritte, weniger deutliche als Prismenfläche (110) genommen wird, da sie eine ähnliche Lage besitzt, wie die Fläche des aufrechten Prisma beim Orthoklas.

Hauy hat in seinen Krystallbildern die Flächen deutlichster Spaltbarkeit mit *P*, *M*, *T* bezeichnet (pri-mi-tif), was zugleich an die angenommene Grundform erinnert. Ein Beispiel ist Fig. 73 auf pag. 48.

84. Die Minerale derselben Art haben gleiche Spaltbarkeit. Diese anfangs überraschende Constanz, wie sie besonders schön am Kalkspath zu beobachten

ist, hat schon die älteren Mineralogen auf den Bau der Krystalle aufmerksam gemacht und Hauy zur Begründung der Krystallographie angeregt. Die verschiedensten Rhomboëder und Skalenoëder, die sechsseitigen Säulen und Tafeln, alle die verschieden combinirten Krystalle des Kalkspathes lassen sich in gleicher Weise nach einem Rhomboëder von 105° Flächenwinkel spalten, dessen Hauptaxe parallel der Hauptaxe der ganzen Form ist. Aber auch die Individuen des körnigen und stengeligen Kalkspathes geben beim Spalten dasselbe Rhomboëder, und in vielen Versteinerungen lässt sich dieselbe Spaltbarkeit verfolgen. Wie in diesem Beispiele verhält sich die Spaltbarkeit in allen anderen Mineralgattungen, daher sie ein ganz vorzügliches Merkmal ist, welches nicht blos für Krystalle, sondern für alle krystallinischen Ausbildungen gilt und nur bei dem dichten Zustande eine Grenze findet, welche schliesslich noch durch die mikroskopische Beobachtung überschritten werden kann.

Obgleich nun aber durch sehr viele Fälle gezeigt ist, dass die Spaltbarkeit bei derselben Mineralart constant sei, kommen doch wieder solche Fälle vor, welche als Abweichungen von dieser Regel erscheinen. Diese scheinbaren Ausnahmen werden durch eine schalige Zusammensetzung hervorgebracht, welche ihren Grund in einer Zwillingsbildung oder in der schichtenförmigen Einlagerung eines fremden Minerals hat. Magneteisenerz, welches keine Spaltbarkeit besitzt, umfasst Varietäten, welche eine schalige Zusammensetzung parallel den Oktaëderflächen darbieten. Zur Gattung Pyroxen gehört eine Art (Diallag), welche eine ausgezeichnete schalige Zusammensetzung parallel der Querfläche zeigt, während andere Arten, wie der Salit, eine schalige Zusammensetzung nach der Endfläche zeigen. Durch Zersetzung des Minerals wird die schalige Zusammensetzung öfters noch deutlicher wie beim Diallag und Bronzit, worauf die Verwechslung mit Spaltbarkeit noch leichter möglich ist. Da jedoch die schalige Zusammensetzung bei einer bestimmten Dicke ihr Ende erreicht, während die Spaltung sich ins Unmerkliche fortsetzt, so lässt sich der Zweifel in den meisten Fällen lösen.

85. Gleitflächen, Schlagfiguren. Manche krystallisirte Minerale zeigen bei Anwendung von Druck oder Schlag solche Verschiebungen der Theilchen, welchen zufolge dieselben in eine neue Gleichgewichtslage kommen, die einer Zwillingsstellung entspricht, oder sie zeigen eine Trennung nach ebenen Flächen, deren Lage von jener der Spaltflächen verschieden ist. Die Flächen, nach welchen die Verschiebung oder Trennung erfolgt, nennt Reusch Gleitflächen.

Die Verschiebung mit Umstellung der Theilchen wurde am Kalkspath und am Natriumsalpeter beobachtet. Wie Pfaff und Reusch gezeigt haben, entstehen in einem Kalkspathindividuum durch Druck dünne Lamellen, welche parallel der Fläche — $\frac{1}{2}R$ lagern und sich gegen die Hauptmasse des Individuums in Zwillingsstellung befinden, nach dem Gesetze, dass — $\frac{1}{2}R$ die Zwillingsebene. S. Fig. 231.

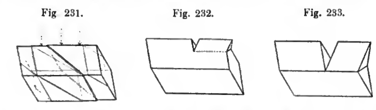
So wie hier einzelne Schichten in Zwillingsstellung gerathen, so kann durch Verschiebung vieler aufeinanderfolgender Schichten ein vollständiger Zwilling erzeugt werden, wie H. Baumhauer gefunden hat. Wenn ein Spaltungsstück

Digitized by Google

klaren Kalkspathes mit einer stumpfen Kante auf eine feste Unterlage gestützt wird, während die dazu parallele stumpfe Kante zu oberst erscheint, und wenn die Schneide einer Messerklinge senkrecht gegen die letztere Kante in das Mineral gedrückt wird, so dringt die Klinge so ein, wie in einen geschmeidigen Körper. Die Sprödigkeit des Kalkspathes scheint verschwunden. Die vordringende Klinge schiebt fortwährend neue Schichten zur Seite, und zwar in beistehender Figur nach rechts, daher dort bald ein einspringender Winkel sichtbar wird, Figur 232, bis endlich ein grosser Theil des Spaltungsstückes sich derart verschoben hat, dass das Ende rechts als ein richtiger Zwilling erscheint, Fig. 233. Man kann auf diese Weise und nach dem Wegspalten des Theiles links von dem Einschnitte vollständige künstliche Zwillinge erhalten. So wie der Kalkspath verhält sich auch der rhomboëdrische Natriumsalpeter.

Man kann die Erscheinung der Molekulartheorie gemäss dahin erläutern, dass der geübte Druck, welcher parallel der stumpfen (hier horizontalen) Kante

Fig 231. Fig. 232. Fig. 233.



wirkt, sowohl eine Verschiebung der Molekel als auch gleichzeitig eine halbe Drehung derselben um eine horizontale Axe hervorbringt. Später wird erwähnt werden, dass auch bisweilen durch Erwärmung Zwillingslamellen entstehen und verschwinden.

Spaltungsstücke von Steinsalz erfahren zuweilen durch Druck eine Verschiebung, welche Risse parallel einer Fläche des Rhombendodekaëders liefert. Grössere Individuen von Glimmer, welche durch die wellige Oberfläche den erlittenen Druck verrathen, zeigen häufig Trennungen schief zur Spaltung, die man schon öfter für Krystallflächen gehalten hat.

Man kann die durch Druck entstehenden regelmässigen Risse leicht im kleinen Maassstabe hervorbringen, wenn man nach dem Vorschlage von Reusch einen zugespitzten Stahlstift (Körner der Metallarbeiter oder auch eine Gravirnadel der Lithographen) auf die zu prüfende Krystall- oder Spaltungsfläche setzt und hierauf durch einen leichten Schlag die Spitze eindringen macht. Die entstehenden Sprünge treten oft zu mehreren auf, welche sich in dem Schlagpunkte kreuzen und Sternchen bilden. Die so entstehenden Figuren wurden Schlagfiguren genannt.

Am Steinsalze ist die Schlagfigur ein vierstrahliger Stern, aus zwei sich kreuzenden Rissen bestehend, welche gegenüber dem Quadrate der Würfelfläche diagonal gestellt sind. Fig. 234 a. Da die Risse ausserdem auf der geprüften Würfelfläche senkrecht stehen, so liegen sie den Flächen des Rhombendodekaëders parallel, wie dies schon früher bei jenen durch Druck entstandenen

Sprüngen bemerkt wurde. Auf der Oktaëderfläche ist die Schlagfigur dreistrahlig, indem Risse normal zu den Kanten (111):(100) entstehen, welche wiederum zu Flächen (110) parallel sind. Fig. 234 *b*.

Glimmerblättchen liefern als Schlagfigur einen sechsstrahligen Stern, aus drei sich kreuzenden Rissen bestehend, wovon einer einfach ist und der Symmetrieebene des monoklinen Minerales parallel liegt, während die beiden anderen treppenartig verlaufen und mehreren Flächen entsprechen, welche in der Zone zwischen Endfläche 001 und dem aufrechten Prisma 110 liegen. Fig. 235 *a*. M. Bauer fand ferner, dass beim Drücken mit einem abgestumpften Stifte in

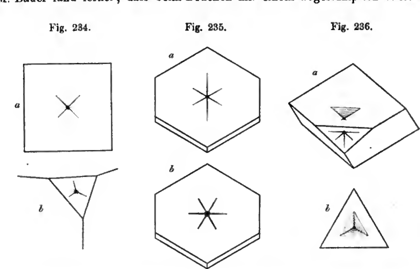


Fig. 234. Fig. 235. Fig. 236.

den Glimmerplatten Risse entstehen, welche zusammen auch einen sechsstrahligen Stern geben, aber von den Rissen der Schlagfigur um je 30° abweichen. Die Risse dieser Druckfigur liegen einem Querprisma (102) und zwei Pyramidenflächen (133) parallel, genau so wie dies an den in der Natur vorkommenden Trennungen am Glimmer zu sehen ist. Fig. 235 *b*.

Am Calcit erhält man auf den Spaltflächen eine monosymmetrische Schlagfigur, welche aus zwei den Rhomboëderkanten parallelen Sprüngen und einem zwischenliegenden System feiner Zwillingslamellen nach $-\frac{1}{2}R$ besteht, Fig. 236 *a*. Hier hat man gleichzeitig Trennung und Verschiebung der Theilchen in die Zwillingsstellung. Auf der Prismenfläche erhält man eine fünfstrahlige Schlagfigur mit Trennungen parallel $0R$, R und $\infty P2$. Auf der Endfläche ist die Schlagfigur dreistrahlig mit Rissen parallel dem verwendeten Prisma und feinen Zwillingslamellen zwischen denselben. Fig. 236 *b*. Die Figuren entsprechen hier wie überall dem Charakter der Flächen, da die Rhomboëderfläche und Prismenfläche monosymmetrisch, die Basis trisymmetrisch ist.

Am Gyps erhielt Reusch sowohl durch Schlag als durch Verschiebung bestimmte Trennungsflächen.




Digitized by Google

Die Versuche bezüglich der Schlagfiguren haben ein begrenztes Gebiet, da sie nur an den weicheren Mineralen mit Erfolg ausgeführt werden können.

Literatur: Reusch, Poggendorff's Ann. Bd. 132, pag. 441, Bd. 136, pag. 130. M. Bauer, ebendas. Bd. 138, pag. 337. Zeitschrift der deut. geolog. Gesellsch. 1874, pag. 137. Jahrb. für Min. 1882, Bd. I, pag. 138. H. Baumhauer, Zeitschr. für Krystallogr. Bd. 3, pag. 588. Aut. ebendas. Bd. 2, pag. 14, und Mineralog. Mitth. Bd. 4, pag. 99. Mügge, Jahrb. f. Min. 1882, Bd. I, pag. 32, und 1884, Bd. I, pag. 50.

86. Bruch. Durch Zerbrechen oder Zerschlagen der Minerale werden entweder ebene Flächen erhalten, welche als Spaltflächen früher besprochen wurden, oder es entstehen unebene Flächen, welche man den Bruch nennt. Je vollkommener die Spaltbarkeit, desto schwieriger ist es, den Bruch wahrzunehmen, während an den unvollkommen spaltbaren Individuen beim Zerbrechen vorwiegend Bruchflächen erhalten nnd die Spaltflächen erst bei aufmerksamer Beobachtung erkannt werden.

Betrachtet man in erster Linie die Krümmung der Bruchflächen, so zeigt sich, dass die Mehrzahl der Minerale Bruchflächen mit muschelähnlichen Vertiefungen und Erhabenheiten liefern, welche der muschelige Bruch genannt werden und wobei flach- und tiefmuscheliger, gross- und kleinmuscheliger Bruch, wohl auch vollkommen und unvollkommen muscheliger Bruch unterschieden werden. Die Ausdrücke ebener und unebener Bruch sind ohne weiteres verständlich. Bezüglich der anderen Eigenschaften der Bruchflächen unterscheidet man ausser dem glatten Bruche noch den splittrigen, wofern an der Bruchfläche kleine halbabgelöste Splitter haften, wie beim Feuerstein, ferner den hackigen, wofern die Bruchfläche viele feine hackenförmige Theilchen zeigt, wie dies nur bei den dehnbaren Mineralen vorkommt, endlich erdig bei matter staubiger Bruchfläche, wie beim Thon und der Kreide.

87. Härte. Die Grösse der Cohärenz macht sich in sehr bestimmter Weise geltend, wenn die Körper auf ebenen Flächen geritzt, oder wenn sie geschabt werden. Der Widerstand, welchen ein Körper der Trennung seiner Theilchen beim Ritzen oder Schaben entgegensetzt, wird seine Härte genannt. Die Prüfung durch Ritzen wird in den Fällen, welche keine grosse Genauigkeit beanspruchen, mit freier Hand ausgeführt, indem eine Spitze von Stahl oder das scharfe Eck eines Minerals mit mässigem Drucke über die ebene Fläche des zu prüfenden Minerals geführt wird. Hierauf hat man sich zu überzeugen, ob ein Ritz entstanden ist oder ob nicht vielleicht die gebrauchte Spitze ein Pulver hinterlassen hat, weil dieselbe weicher ist als die zu prüfende Fläche. Ist die letztere nicht genug eben, so kann man bei der Härteprüfung leicht getäuscht werden, weil durch die bewegte Spitze Theilchen der Oberfläche abgerissen werden und ein merkliches Pulver entsteht, obwohl die Fläche härter ist als die verwendete Spitze. Körnige, blätterige und faserige Minerale sind für diese Härteversuche wenig geeignet, weil die prüfende Spitze zwischen die einzelnen Individuen ein-

Digitized by Google

dringt und sie voneinander reisst, anstatt sie zu ritzen. Erdige Minerale können gar nicht auf diese Weise geprüft werden. In solchen Fällen gewinnt man jedoch ein ziemlich sicheres Urtheil durch den Polirversuch, indem das Pulver des zu untersuchenden Minerals unter gelindem Drucke auf einer glatten Fläche von bekannter Härte verrieben wird, worauf die Fläche feine Ritze erhält, wenn sie weicher ist als das in Frage stehende Mineral.

Man kann über die Härte eines Minerals auch durch Schaben desselben mit einem Messer ein beiläufiges Urtheil gewinnen. Das Resultat wird aber genauer, wenn man, wie dies zuerst Werner gethan, das Mineral auf eine Feile streicht, wobei das weichere mehr Pulver abgeben wird, als das härtere. Wird die Feile auf einer Tischplatte oder auf einem Resonanzkästchen befestigt, so erzeugt sich beim Streichen auch ein Ton, welcher bei Anwendung des härteren Minerals heller sein wird, als beim Streichen mit einem weicheren. Zum Zwecke des Vergleiches muss man aber beiläufig gleich grosse und gleich geformte Stückchen der Minerale verwenden. Für Körper, welche härter sind als die Feile, ist die Methode natürlich nicht mehr anwendbar.

Um die Härte eines Minerals in bestimmter Weise angeben zu können, wird ein Mineral aufgesucht, welches dem untersuchten Mineral in der Härte gleicht. Ausdrücke, wie Kalkspathhärte, Quarzhärte geben die gefundene Gleichheit an. Wird die Härte durch Ritzen bestimmt, so ist zu berücksichtigen, dass die Spitze oder das scharfe Eck auf einer Fläche von gleicher Härte blos einen sehr schwachen Ritz hervorbringt. Kehrt man jetzt den Versuch um, d. h. nimmt man jetzt von dem geritzten Mineral ein spitzes Eck und prüft damit eine ebene Fläche des anderen Minerals, so wird man wieder ein schwaches Ritzen beobachten.

Man könnte zum Zwecke der Härtevergleichung eine grössere Reihe von Mineralen angeben, welche so aufeinander folgen, dass das vorangehende immer von dem folgenden geritzt wird, dass also die Härte mit jedem Gliede der Reihe steigt, worauf die Härte jedes Minerals durch die Nennung eines Minerals aus dieser Reihe oder Skale charakterisirt würde. Eine vielgliederige Skale wäre jedoch bei der geringen Genauigkeit, welche die gewöhnlichen Versuche an sich tragen, unpraktisch. Mohs hat daher mit richtiger Würdigung des vorliegenden Zweckes eine blos zehngliedrige Skale aufgestellt, deren man sich allgemein bedient:

Härtegrad	1 = Talk	Härtegrad	6 = Orthoklas
„	2 = Steinsalz	„	7 = Quarz
„	3 = Kalkspath	„	8 = Topas
„	4 = Flussspath	„	9 = Korund
„	5 = Apatit	„	10 = Diamant.

Um die Härte durch Ritzen prüfen und nach dieser Skale angeben zu können, hält man Stücke der genannten Minerale bereit, an welchen sowohl ebene Flächen als scharfe Ecken auftreten. Beim Versuche beginnt man immer in der Weise, dass man, um die weicheren Glieder der Skale mehr zu schonen, mit dem zu prüfenden Mineral jenes Glied der Skale zu ritzen versucht, welches muthmasslich

etwas härter ist, worauf man in der Skale abwärts geht. Für die Versuche mit der Feile hat man Stückchen von geringer Grösse in Bereitschaft. Findet man die Härte genau gleich der eines Gliedes der Skale, so kann man dies durch Angabe der Nummer dieses Gliedes ausdrücken, z. B. $H = 4$ anstatt Härte des Flussspathes. Zeigt es sich, dass die gefundene Härte nicht genau gleich ist einem der aufgestellten Härtegrade, sondern zwischen zweien liegt, so kann man zur Ziffer des unteren Härtegrades ein halb hinzufügen. So heisst 3·5 ein Härtegrad, welcher zwischen dem des Kalkspathes und des Flussspathes liegt. Alle die Ziffern für die Härtegrade haben blos den Sinn von Nummern. Sie geben wohl die Steigerung der Härte an, doch sind die Unterschiede der Härte zwischen den einzelnen Stufen ungleich. Breithaupt wollte deshalb in die Skale zwei fernere Glieder einschalten, jedoch fand der Vorschlag keinen Anklang, weil die Mohs'sche Skale dem praktischen Bedürfnisse vollkommen genügt.

88. Zur genaueren Bestimmung der Härte dient ein Apparat, welcher zuerst von Seebeck construirt wurde und den man S k l e r o m e t e r genannt hat. Ein gleicharmiger Hebel trägt an einem Ende oberhalb eine Schale zur Aufnahme von Gewichten und unterhalb derselben eine abwärts gerichtete Spitze von Stahl oder Diamant. Die zu prüfende Fläche wird unter jener Spitze in horizontaler Richtung geschoben, während die Schale mehr und mehr belastet wird, bis endlich beim Schieben der Fläche ein Ritz entsteht. Auf diese Weise lässt sich das Gewicht bestimmen, welches nöthig ist, um einen Ritz hervorzubringen, die Härte lässt sich also durch Gewicht ausdrücken. Um dieselbe Fläche in verschiedenen Richtungen ritzen und diese Richtungen genauer bestimmen zu können, hat man unterhalb des zu prüfenden Körpers einen horizontal-drehbaren Vollkreis.

Die Beobachtungen mit dem Sklerometer erlauben vor Allem eine Beurtheilung der in der Mohs'schen Skale angenommenen Härtestufen. In dieser Beziehung sind die von Calvert und Johnson erhaltenen Resultate hervorzuheben. Sie verglichen die beobachteten Härten mit jener des Gusseisens, welche sie = 1000 setzten. Ihre Zahlen liefern folgenden Vergleich mit den Härtegraden nach Mohs:

	Sklerometer	Härtegrad		Sklerometer	Härtegrad
Stabeisen	948	5	Gold . . .	167	zwischen 3 u. 2·5
Platin . . .	375	zwischen 5 u. 4	Wismuth .	52	2·5
Kupfer . .	301	„ 3 u. 2·5	Zinn . . .	27	2
Silber . . .	208	„ 3 u. 2·5	Blei . . .	16	1·5.

Man sieht hieraus, dass der Unterschied der Härte zwischen den Anfangsgliedern der Härteskale viel geringer ist, als zwischen den höheren Gliedern. Der Unterschied zwischen den höchsten Gliedern ist ein sehr grosser. Die Edelsteinschleifer schätzen nach der Zeit, welche zum Poliren erforderlich ist, den Unterschied der Härte von Diamant und Korund viel grösser, als die Unterschiede der folgenden Härtegrade.

An manchen Kystallen und Spaltungsstücken wurde schon vor langer Zeit die Wahrnehmung gemacht, dass krystallographisch verschiedene Flächen einen

verschiedenen Härtegrad besitzen. Die älteren Mineralogen kannten schon die merkwürdige Eigenschaft des Disthens (Cyanits), auf der einen Fläche, welche der vollkommensten Spaltbarkeit entspricht, viel leichter geritzt zu werden, als auf den anderen, und zwar fand man die Härte im ersten Falle = 5, während sie andererseits bis 7 steigt. Ebenso war es bekannt, dass der Gyps und Glimmer auf den Flächen der vollkommensten Spaltbarkeit eine viel geringere Härte darbieten, als auf den übrigen Flächen. Frankenheim verfolgte die Sache weiter, indem er mit feinen Nadeln, deren Spitzen aus Kupfer, Stahl, Sapphir etc. bestanden, die Krystallflächen mit freier Hand zu ritzen versuchte. Dabei zeigte sich, was ehedem schon Huyghens am Kalkspath wahrgenommen hatte, dass auch öfter auf derselben Krystallfläche verschiedene Härtegrade auftreten, je nach der Richtung des Ritzens.

Von Seebeck, welcher das Sklerometer angab, ferner von Franz, Grailich und Pekarek, endlich von F. Exner sind seither viele Beobachtnngen in dieser Richtung angestellt worden. Dieselben lassen den Zusammenhang erkennen, der zwischen dem Auftreten verschiedener Härtegrade auf den Krystallflächen (Flächenhärte) und der Spaltbarkeit besteht. Die allgemeinen Resultate sind folgende:

1. Härteunterschiede kommen blos an solchen Krystallen vor, welche eine Spaltbarkeit besitzen. An diesen zeigen jene Flächen, welche der Spaltbarkeit parallel sind, die geringste, und jene Flächen, welche zur Spaltbarkeit senkrecht sind, die grösste Härte.

2. Ist eine Fläche zur Spaltrichtung senkrecht, so zeigt diese Fläche parallel zur Spaltung die geringste, senkrecht zur Spaltung die grösste Härte. Diese beiden Sätze harmoniren damit, dass parallel der Spaltebene ein Maximum, senkrecht dazu ein Minimum der Cohäsion existirt (82).

3. Ist eine Fläche schief zur Spaltebene, so ergibt sich sogar ein Unterschied der Härte auf derselben Linie, indem sich die grössere Härte zeigt, wenn die Spitze sich von dem stumpfen Spaltungswinkel gegen den scharfen zu bewegt (Richtung *ac* in Figur 237), die geringere Härte hingegen, wenn die Spitze sich von der scharfen Kante gegen die stumpfe zu bewegt. (Richtung *a b*.)

4. Werden beim Ritzen gleichzeitig mehrere Spaltrichtungen getroffen, so addiren sich die denselben entsprechenden Widerstände.

5. Ist eine Fläche parallel zur Spaltung und wird sie von gar keiner ferneren Spaltrichtung getroffen, so zeigt sich auf derselben kein Härtenunterschied.

Um die Grösse der Härte und die zngehörige Richtung auf die gedachte Krystallfläche auftragen zu können, drückte Franz das Gewicht durch Länge aus, so zwar, dass in der Richtung, welche zur Bildung eines Ritzes 3 Gramm erforderte, eine dreimal so lange Linie aufgetragen wird, als in einer anderen Richtnng, welche zum Ritzen blos 1 Gramm erforderte. Wenn die Linien alle von demselben Punkte her strahlenförmig ausgezogen nnd ihre Endpunkte mit einander verbunden werden, so entsteht eine Härtecurve. Sie ist ein Kreis, wenn keine Härtennterschiede auftreten, sie ist eine Ellipse, wofern eine einzige zur untersuchten Fläche senkrechte Spaltbarkeit existirt, sie ist eine gelappte

Digitized by Google

Figur, wofern die Fläche von mehreren Spaltrichtungen getroffen wird. In diesem Falle ist die Symmetrie der Härtefigur dieselbe, wie jene der geritzten Fläche.

Der monokline Glimmerkrystall in Fig. 238 zeigt blos nach der Fläche 001 vollkommene Spaltbarkeit, demgemäss ist die Härtecurve auf der Seitenfläche 010 eine Ellipse, welche durch ihre längere Axe anzeigt, dass die Härte senkrecht zur Spaltung am grössten ist. Auf der Endfläche 001 ist die Härtefigur ein Kreis, weil hier kein Unterschied zu beobachten ist.

An dem Barytkrystall in Fig. 239 herrscht eine vollkommene Spaltbarkeit parallel dem horizontalen Prisma, ebenso eine parallel der Querfläche, die hier als Rhombus erscheint. Dementsprechend ist die Härtefigur auf der letzteren Fläche vierlappig, indem parallel zu den Prismenflächen Minimalrichtungen exi-

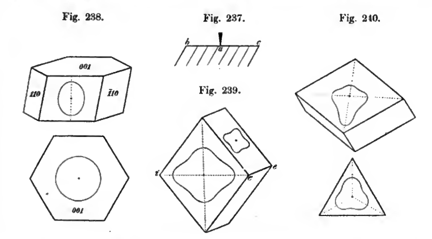


Fig. 238. Fig. 237. Fig. 239. Fig. 240.

stiren. In der aufrechten Diagonale ergeben sich zwei Maxima, doch ist hier die Härte geringer als in den horizontalen Richtungen. Auf den Prismenflächen ist die Härtefigur auch vierlappig, Fig. 239, doch sollten die gegen die Kante *ee* gekehrten Lappen kürzer sein, weil nach diesen Richtungen die ritzende Spitze sich von der scharfen Spaltungskante gegen die stumpfe bewegt. Die Beobachtungen geben aber keinen deutlichen Unterschied

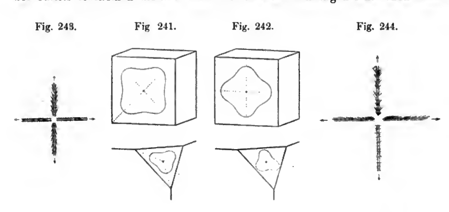
Der Kalkspath, Fig. 240, zeigt die geringste Härte auf den Rhomboëderflächen, nach welchen er spaltbar ist. Die Härtecurve dieser Fläche ist vierlappig der schwächste Lappen ist gegen den Pol des Rhomboëders gekehrt. Auf der Endfläche, die man durch Abstumpfen des Rhomboëderpoles erhält, ist die Härtefigur dreilappig.

Das Steinsalz hat vollkommene Spaltbarkeit parallel den Würfelflächen. Demnach ist die Härtefigur auf diesen Flächen vierlappig, indem die Maxima der Härte den Diagonalen parallel sind, Fig. 241. Schleift man eine Oktaëderfläche an, so zeigt sich auf dieser dreieckigen Fläche die Härte am grössten beim Ritzen gegen die Würfelkanten zu, in entgegengesetzter Richtung am geringsten.

Digitized by Google

An dem Flussspath, Fig. 242, welcher eine andere Spaltbarkeit besitzt, indem er nach den Oktaëderflächen spält, sind die Härteverhältnisse andere. Auf 100 ist die Härte senkrecht zu den Kanten am grössten, und auf einer Oktaëderfläche findet man die grösste Härte, wenn man senkrecht gegen die Combinationskante von Oktaëder und Würfel ritzt.

Die Verschiedenheit der Härte prägt sich oft in der mikroskopischen Beschaffenheit der erhaltenen Ritze aus. Auf der Querfläche des Baryts (vergl. Fig. 239) erscheinen die Ritze in den horizontalen Richtungen, welche die grösste Härte darbieten, fast wie einfache Rinnen, in den beiden senkrechten Richtungen aber mit feinen Sprüngen besetzt, Fig. 243. Auf den Spaltflächen des Calcits erscheinen die nach den horizontalen Richtungen erhaltenen Ritze


Fig. 243. Fig 241. Fig. 242. Fig. 244.

gleich und mit einem einseitigen Bart besetzt. Fig. 244. Dem Härtemaximum nach abwärts entspricht eine Rinne mit zarter monosymmetrischer Zeichnung, das Ritzen nach aufwärts liefert hingegen eine mit losgesprengten Täfelchen besetzte Rinne.

Pfaff hat anstatt der Methode des einfachen Ritzens eine andere versucht, indem er aus der Menge des bei wiederholtem Ritzen gebildeten Pulvers die Tiefe der erhaltenen Rinne berechnete und daraus auf die Härte schloss.

Das Auftreten von merklichen Härteunterschieden an demselben Krystall ist für die Bestimmung des Härtegrades keine willkommene Erscheinung, denn die Angabe der Härte soll eine einfache sein, wenn sie als Merkmal beim Bestimmen der Minerale dient. Bei den Mineralen mit vollkommener Spaltbarkeit wird daher für letzteren Zweck die mittlere Härte angegeben, welche am besten an den dichten Varietäten des bezüglichen Minerals ermittelt wird.

Literatur: Frankenheim. De crystallorum cohaesione. Vratislav. 1829, ausserdem in Baumgartner's Zeitschr. f. Physik. Bd. 9, pag. 94 u. 194. Seebeck. Programm des Cöln. Realgymnasiums. Berlin 1833. Franz. Pogg. Ann. Bd. 80, pag. 37. Grailich u. Pekarek, Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 13, pag. 410. (1854). Exner. Untersuch. üb. d. Härte an Krystallflächen. Wien 1873. Pfaff, Sitzungsb. d. bair. Akad. 1883, pag. 55.

Digitized by Google

89. Aetzung. Die Art der Cohärenz in krystallinischen Mineralen gibt sich in eigenthümlicher Weise zu erkennen, wenn glatte Flächen derselben durch auflösende Flüssigkeiten oder Dämpfe eine schwache Einwirkung erfahren. In diesem Falle bilden sich Vertiefungen, welche nach vorsichtiger Ausführung des Versuches oft scharfe Umrisse darbieten und von ebenen Flächen begrenzt erscheinen, während bei der gewöhnlichen raschen Ausführung der Aetzung häufig krummlinige Figuren entstehen. Die Form und Lage der Figur entspricht bei Krystallen immer genau der Symmetrie der geätzten Fläche, daher sie ein vorzügliches Mittel ergibt, das Krystallsystem und die hemiëdrische, tetartoëdrische oder hemimorphe Abtheilung zu erkennen, in welche der untersuchte Krystall gehört. Wofern die ursprüngliche Form des Krystalles keine charakteristischen Flächen zeigt, welche die genaue Einreihung ermöglichen, ist die Beobachtung der Aetzungsformen besonders zu empfehlen. Wenn die letzteren vertieft sind, so werden sie gegenüber den natürlichen Erhabenheiten (Subindividuen) um 180° verwendet erscheinen.

Die Regelmässigkeit der Aetzfiguren folgt aus der bestimmten Orientirung der Cohäsion. Die Form und das Auftreten dieser Figuren hängt jedoch nicht direct mit der Spaltbarkeit zusammen. Auch solche Minerale, die keine Spaltbarkeit erkennen lassen, zeigen oft die schönsten Aetzfiguren.

Hat man den Charakter der künstlich geätzten Flächen kennen gelernt, so wird man Spuren der Aetzung auch an manchen Mineralen, wie sie in der Natur gefunden werden, leicht wahrnehmen. Krystalle von Calcit, Orthoklas, Quarz, Topas zeigen die Erscheinung nicht selten. In vielen Fällen ist aber die Aetzung schon weiter vorgeschritten, so dass die feinen Aetzfiguren verwischt sind, ja sogar die ganze Form des früheren Krystalls verändert und wie zernagt erscheint.

Man erhält die Aetzfiguren, wenn man die Flüssigkeit durch Uebergiessen, Eintauchen, oder den Wasserdampf durch Anhauchen etc. auf die zu ätzende Fläche wirken lässt. Diese Figuren sind oft sehr klein, so dass sie erst unter dem Mikroskop wahrgenommen werden können, zuweilen sind sie auch für das unbewaffnete Auge leicht sichtbar. Auf derselben Krystallfläche liegen sie alle einander parallel. Dadurch entsteht auf geätzten Krystallflächen ein orientirter Schimmer, welchen Haidinger als Krystalldamast bezeichnete. Wenn in derselben Fläche zwei Individuen aneinanderstossen, was bei Zwillingsverwachsungen häufig vorkommt, so ist die Lage der Aetzfiguren auf den beiden Individuen häufig eine verschiedene und es sind die letzteren oft schon durch den genannten Schimmer unterscheidbar. Die Beobachtung der Aetzfiguren geschieht mittels des Mikroskopes entweder direct an der geätzten Fläche oder an Abdrücken, welche mittels Hausenblase oder Gelatine erhalten werden.

Als Beispiele mögen folgende Beobachtungen von Aetzfiguren dienen: Der Muscovit (Kaliglimmer), welcher früher für ein rhombisches Mineral gehalten wurde, zeigt nach dem Aetzen mit Flusssäure auf der Fläche vollkommener Spaltbarkeit 001 monosymmetrische Figuren, die meist von krummen Linien eingeschlossen sind, Fig. 245, jedoch bilden sich auch solche mit geradlinigen

Digitized by Google

Umrissen, wovon eine unterhalb vergrössert dargestellt ist. Durch diese Beobachtung ist das monokline System des Minerals angedeutet, welches auch durch andere Beobachtungen bestätigt wird. Krystalle von Baryt, welche zuerst mit einer heissen Lösung von kohlensaurem Natron und nachher mit Salzsäure behandelt werden, zeigen auf den Rhombenflächen, Fig. 246, vierseitige oder sechsseitige disymmetrische Figuren, auf den Flächen des horizontalen Prisma, welche einen monosymmetrischen Charakter haben, dementsprechend auch monosymmetrische Aetzfiguren. Die hemimorphen Krystalle des Kieselzinkerzes,

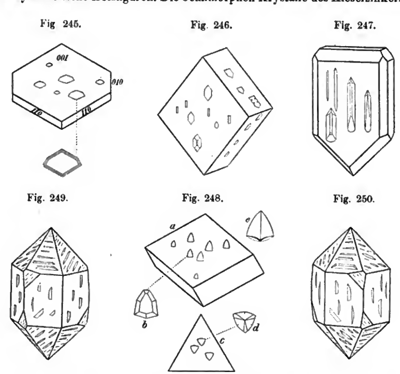


Fig 245. Fig. 246. Fig. 247.

Fig. 249. Fig. 248. Fig. 250.

Fig. 247, geben auf den Quer- und Längsflächen Figuren, welche oben und unten ungleich sind, was wiederum dem Charakter dieser Flächen, welche zufolge des Hemimorphismus monosymmetrisch sind, entspricht. Spaltungsstücke von Calcit geben beim Aetzen mit Salzsäure auf den Rhomboëderflächen Figuren, welche oft von krummen Linien eingeschlossen sind, Fig. 248, aber stets eine monosymmetrische Form haben. Die oft vorkommenden Figuren mit geradlinigen Umrissen haben die Form *b*, welche Flächen dreier verschiedener Skalenoëder und eines Rhomboëders nebst der dem Grundrhomboëder parallelen Fläche aufweisen. Geschieht die Aetzung mit verdünnter Schwefelsäure, so haben die Aetzfiguren eine etwas verschiedene Form, nämlich die unter *e*, welche aber gleichfalls monosymmetrisch ist. Wird an das Spaltungsrhomboëder eine Endfläche angeschliffen und diese geätzt, so erhält man Figuren, welche, wie in *c*

Digitized by Google

und *d* erkennbar, trisymmetrisch sind, was wiederum dem Charakter der geätzten Fläche entspricht. Anders als der Calcit verhält sich der Dolomit, dessen durch Salzsäure hervorgerufenen asymmetrischen Aetzfiguren auf *R* in der Fig. 251 dargestellt sind. Sie entsprechen wie die folgenden der trapezoëdrischen Tetartoëdrie. Aetzt man Quarzkrystalle mit Flusssäure, so bedecken sich die Flächen mit feinen Figuren, welche durch die Foım oder durch ihre Lage den asymmetrischen Charakter aller Flächen darthun und zugleich den Unterschied der beiden Rhomboëder $+R$ und $-R$ hervorheben. Die Figur 249 zeigt das Verhalten eines linken Krystalls. Ein rechter, Fig. 250, zeigt dieselben Figuren in der anderen Stellung. Würfel von Steinsalz, welche feuchter Luft ausgesetzt waren, zeigen häufig vierseitige Vertiefungen, deren Umrisse den Würfelkanten parallel sind und deren Flächen einem Tetrakishexaëder entsprechen. Diese

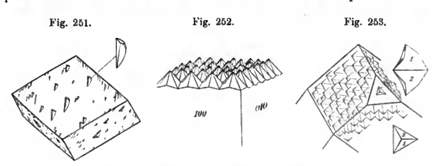


Fig. 251. Fig. 252. Fig. 253.

Erscheinung wurde schon von Mohs beobachtet. Aehnliche Figuren geben die Spaltungswürfel des gediegenen Eisens bei der Behandlung mit Säuren.

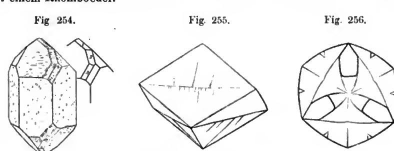
Die beim Aetzen entstehenden Vertiefungen schliessen bisweilen in solcher Weise aneinander, dass die zwischenliegenden Erhabenheiten eine selbständige charakteristische Form annehmen und als Aetzhügel erscheinen, die sich wie Subindividuen verhalten. Becke, welcher die Aetzhügel zuerst constatirte, beobachtete am Bleiglanz beim Aetzen mit Salzsäure auf den Würfelflächen zuerst Vertiefungen und nach längerer Einwirkung der Säure die Bildung achtseitiger Pyramiden, wie sie Fig. 252 auf 001 vergrössert darstellt. An der Blende fand er bei gleicher Behandlung auf den positiven Tetraëderflächen dreiseitige trisymmetrische Vertiefungen, Fig. 253, auf den Flächen des Rhombendodekaëders hingegen monosymmetrische Aetzhügel. Die Flächen beider haben aber, wie die Ziffern andeuten, dieselbe Lage, welche einem Trigondodekaëder entspricht.

90. Die verschiedenen Flächen und Kanten desselben Krystalls werden durch auflösende Mittel ungleich stark angegriffen. So zeigt sich am Calcit auf *R* ein rascheres Fortschreiten der Aetzung als auf $0R$. Beim Eintauchen eines Aragonitkrystalls in verdünnte Säure beobachtet man eine raschere Aetzung der Prismenflächen gegenüber der Längsfläche 010. An den Quarzkrystallen mit sechsflächiger Endigung werden die abwechselnden Polkanten sehr stark,

Digitized by Google

die andern wenig angegriffen u. s. w. Auch bilden sich öfters an den Kanten der Krystalle, die ja beiderseits dem Einflusse des lösenden Mediums ausgesetzt sind, Abstumpfungen, welche bei sorgfältiger Ausführung des Versuches als ebene Flächen auftreten: Aetzflächen. Die Lage derselben entspricht nach den bisherigen Messungen dem Parametergesetze, wenngleich die Indices öfter grössere Zahlen sind. Am Quarz wurden solche Flächen zuerst von Leydolt erkannt. Es sind die in Fig. 254 mit 1, 2, 3 bezeichneten Abstumpfungen. Natürliche Quarzkrystalle, welche Spuren der Aetzung erkennen lassen, zeigen auch derlei Flächen, wie die Krystalle von Palombaja auf Elba, welche G. v. Rath beschrieb, und in auffallender Weise die von Groth beschriebenen Amethyste aus Brasilien. Rhomboëder R von Calcit verwandeln sich durch starkes Aetzen mit Salzsäure oder Salpetersäure in die Figur 255 gezeichnete Combination eines Skalenoëders mit einem Rhomboëder.

Fig. 254. Fig. 255. Fig. 256.



Am interessantesten sind die Versuche mit Kugeln, welche aus Krystallindividuen geschnitten werden, weil hier keine vorhandenen Krystallflächen ein specielles Resultat bedingen, sondern alle die möglichen Aetzflächen gleichzeitig zum Vorschein kommen. Eine Calcitkugel verwandelt sich bei starker Aetzung in eine Combination, welche die Fig. 256 von oben gesehen darstellt. Es sind mehrere Skalenoëder, verwendete Rhomboëder und eine verwendete Pyramide zu erkennen, doch erscheinen die Flächen meist gekrümmt.

Wenn künstliche Durchschnitte von Krystallen oder Individuen dem Aetzen unterzogen werden, so bilden sich Aetzfiguren, deren Symmetrie von der Lage des Schnittes abhängt. Trifft der Schnitt eine regelmässige Zwillingsverwachsung, so wird dieselbe nach der Aetzung sehr deutlich erkennbar. Krystalle mit isomorpher Schichtung zeigen häufig eine verschiedene Angreifbarkeit der einzelnen Schichten. Parallele Verwachsungen geben sich ebenfalls nach dem Aetzen leicht als solche zu erkennen, wie denn auch das Vorhandensein eines netzförmigen Krystallbaues durch die Aetzung scharf hervortritt. Ein merkwürdiges Beispiel liefert die Mehrzahl der Exemplare von Meteoreisen. Nach dem Poliren einer Schnittfläche und nachherigem Aetzen mit einer Säure tritt der Aufbau aus Platten, welche Oktaëderflächen parallel sind, deutlich hervor. (S. Meteoreisen im Anhang.) Eine ungemein wichtige Anwendung der Aetzungsmethode machte Baumhauer bei der Untersuchung mimetischer Krystalle, namentlich jener des Boracits und Perowskits.

Digitized by Google

Krystallinische oder amorphe Minerale, welche beim Anblick eine Textur nicht erkennen lassen, offenbaren dieselbe häufig bei der Aetzung. Chalcedon, Achat zeigen geätzt einen Aufbau aus concentrischen, höchst dünnen Schalen, wie er vordem nicht so deutlich zu sehen war.

Literatur: Die merkwürdigen Aetzfiguren des schaligen Meteoreisens wurden 1808 von Widmannstädten in Wien entdeckt. Schreibers, Beitr. zur Gesch. meteorischer Stein- und Metallmassen. Wien 1820, pag. 70. Später machte Daniell seine Beobachtungen über die Aetzung von Eisen, Kalkspath etc. bekannt. Schweigger's Jour. Bd. 19, pag. 38. Leydolt beschrieb 1855 die Erscheinungen an geätzten Achaten, später die am Aragonit und Quarz. Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 15, pag. 59 und Bd. 19, pag. 10. Hirschwald's Beobachtungen am letzteren Mineral: Poggendorff's Ann., Bd. 137, pag. 248. H Baumhauer veröffentlichte 1874 und 1875 in den Sitzungsber. der bair. Akad., dann 1876 im Jahrb. f. Min. und seit 1877 in der Zeitschr. f. Krystallographie die Resultate seiner hierher gehörigen Arbeiten; d. Autor in Tschermak's Min. u. petrogr. Mitth. Bd. 4, pag. 99. Becke ebendas. Bd. 5, pag. 457 und Bd. 6. Ueber die Ergebnisse am gediegenen Eisen und Meteoreisen berichtete G. Rose in der Schrift: Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten, Berlin 1864, ferner der Autor i. d. Sitzgsber. der Wiener Akad., Bd. 70, Abth. 1. Ueber Lösungsfiguren: F. Exner, ebendas. 69, Abth. 2, über die Erscheinungen der Aetzflächen etc. auch Lavizzari. Nouveaux phénomènes des corps cristallisées. Lugano 1865.

91. Verstäubung. Manche wasserhaltige Minerale verlieren, wenn sie der trockenen Luft ausgesetzt sind, das enthaltene Wasser theilweise oder ganz, wobei sie sich zuerst mit einer trüben Rinde bedecken und schliesslich in eine lockere Masse verwandeln oder zu Pulver zerfallen. Dieser Vorgang soll hier als Verstäubung bezeichnet werden[1]). Der Beginn der Erscheinung zeigt sich an den Krystallen oft in der Art, dass einzelne unregelmässig vertheilte trübe Pünktchen oder Flecke auftreten, die sich allmälig vergrössern. Der Umriss derselben ist meistens krummlinig und nähert sich oft einem Kreise oder einer Ellipse. Die Lage dieser Figuren auf der Krystallfläche harmonirt immer mit der Symmetrie der letzteren. Es zeigt sich eine Analogie mit den Aetzfiguren. Beispiele für das Auftreten dieser Erscheinung liefern Krystalle von Borax, Zinkvitriol etc. Man hat nur selten Gelegenheit, die Verstäubungsfiguren an Mineralen zu beobachten, weil die bezüglichen Minerale nicht häufig in ausgebildeten Krystallen gefunden werden.

Pape in Pogg. Ann., Bd. 124, pag. 329, Bd. 125, pag. 513. Sohncke in d. Zeitschrift f. Kryst. Bd. 4, pag. 225.

---

[1]) Man bezeichnet ihn gewöhnlich als Verwitterung. Da jedoch dieser Ausdruck bereits für die chemische Veränderung der Minerale durch die Atmosphärilien in Verwendung gekommen ist, so wäre es zu wünschen, dass man für die obengenannte Erscheinung ein anderes Wort gebrauchte.

Digitized by Google

92. Lichtreflexion. Ebene, glatte Flächen reflectiren des Licht in der Weise, dass 1. der einfallende und der zurückgeworfene Strahl in einer Ebene (Einfallsebene) liegen, welche auf der spiegelnden Fläche senkrecht ist, und dass 2. beide Strahlen mit einer im Reflexionspunkte auf der spiegelnden Fläche senkrecht gedachten Linie (Einfallsloth) gleiche Winkel bilden. Die Gesetze der Reflexion finden Anwendung bei der Messung der Krystallwinkel mittels des Reflexionsgoniometers, von welchem früher die Rede war.

Flächen, welche zwar glatt sind, aber feine Riefen oder Leistchen tragen, zeigen verschiedene Abänderungen der Reflexion. Geht ein einziger Zug paralleler Riefen, d. i. rinnenförmiger Vertiefungen, über eine Fläche, so wird man eine Lichtflamme gut reflectirt sehen, wenn die Einfallsebene der Riefung parallel ist, dagegen wird das Lichtbild verzerrt und in die Länge gezogen erscheinen, wenn die Fläche eine andere Lage hat, und zwar erscheint das Lichtbild senkrecht zur Riefung verlängert. Durch diesen Umstand wird gar manche Messung am Reflexionsgoniometer gehindert. Wenn eine Fläche nach zwei Richtungen gerieft erscheint, so wird die Reflexion noch mehr verändert. Hält man eine Krystallfläche von solcher Beschaffenheit nahe ans Auge und betrachtet nun das Bild einer Lichtflamme, die nicht zu nahe gerückt sein darf, so sieht man einen vierstrahligen Stern, bestehend aus zwei sich kreuzenden Lichtstreifen, deren Richtung senkrecht zu den Riefensystemen. Man hat häufig Gelegenheit, an natürlichen Krystallflächen die erstere Erscheinung wahrzunehmen, während das Auftreten des Sternes wegen der geringen Häufigkeit der mehrfachen Riefung seltener ist.

Ist eine natürliche Krystallfläche mit regelmässigen feinen Erhabenheiten (Subindividuen) bedeckt, so erzeugt sie, wie Brewster zuerst beobachtet hat, Reflexe von mannigfacher Form, also Lichtfiguren von verschiedener Gestalt, welche stets der Symmetrie der bezüglichen Krystallfläche entsprechen.

An den geätzten Flächen krystallisirter Minerale kann man ähnliche Erscheinungen, jedoch oft in grosser Schönheit wahrnehmen. Brewster benützte die Beobachtung dieser durch orientirte Reflexion hervorgerufenen Lichtfiguren zum Studium der durch Aetzung erzeugten Veränderung der Krystallflächen. Da die vertieften Aetzfiguren von kleinen, ebenen Flächen gebildet werden, deren Lage immer der Symmetrie der geätzten Fläche entspricht, und da alle Aetzfiguren einander parallel sind, so müssen bei der Beobachtung des Reflexes einer Flamme mit genähertem Auge Lichtfiguren wahrgenommen werden, deren Gestalt ebenfalls der genannten Symmetrie gehorcht. Jede Fläche der Aetzfigur erzeugt einen Reflex, daher besitzt die Lichtfigur so viele Aeste, als die durch Aetzung entstandenen Vertiefungen Seiten haben Da beim Aetzen jene kleinen Flächen, welche unter stumpfen Winkeln zusammenstossen, häufig zu krummen Flächen verschmelzen, so zeigen die Lichtfiguren auch öfter krumme Formen, das Auge erblickt Lichtbögen oder Figuren, die aus bogenförmigen Elementen zusammengesetzt sind. Die Lichtfiguren werden entweder direct an der geätzten Krystallfläche oder an den durchsichtigen Abdrücken, welche mit Hausenblase erhalten werden, beobachtet. An diesen letzteren, sowie an geätzten durchsichtigen

Digitized by Google

Krystall-Lamellen, erhält man auch im durchfallenden Lichte die entsprechenden Figuren.

Die nachstehenden Beispiele von Lichtfiguren beziehen sich auf die früher bei der Aetzung angeführten Krystallflächen, und haben Stellungen, welche jenen der dort bezeichneten Aetzfiguren entsprechen.

Der Muscovit zeigt auf 001 eine sechsstrahlige Lichtfigur von monosymmetrischer Form, Fig. 257, jeder Strahl ist senkrecht zu einer Seite der Aetzfigur. Der Baryt lässt auf jener Endfläche, nach welcher er spaltbar ist, nach der Aetzung eine achtstrahlige Lichtfigur erkennen, Fig. 258, welche man leicht mit der

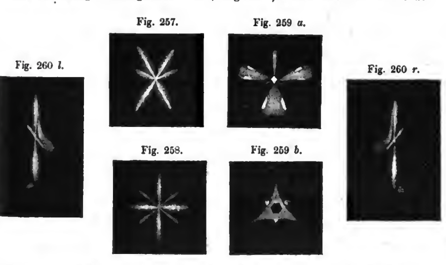


Fig. 257. Fig. 259 *a*. Fig. 260 *l*. Fig. 260 *r*. Fig. 258. Fig. 259 *b*.

Gestalt der Aetzfigur in Zusammenhang bringt. Der Calcit bietet auf der Fläche *R* nach der Aetzung mit Salzsäure eine monosymmetrische Lichtfigur, welche an manche Blumen erinnert, Fig. 259 *a*. Jede stumpfe Kante der Aetzfigur liefert zwei Flammenbilder, welche durch einen Bogen verbunden sind. Die geätzte Endfläche liefert eine trisymmetrische Lichtfigur, Fig. *b*, welche wiederum der in Fig. 248 *d* abgebildeten Aetzfigur entspricht. Der Quarz gibt auf der mit Flusssäure geätzten *R*-Fläche eine asymmetrische Lichtfigur, und zwar liefert ein linker Krystall die erste, ein rechter Krystall die zweite Figur in 260, die geätzte Steinsalzfläche gibt einen rechtwinkeligen vierstrahligen Stern mit gleichen Strahlen.

93. Eine den Lichtfiguren verwandte Erscheinung ist der Asterismus. Mancher Sapphir zeigt einen sechsstrahligen Stern, wofern man durch eine zur Hauptaxe dieses rhomboëdrisch krystallisirten Minerales senkrechte Platte eine Lichtflamme betrachtet. Auch beim Daraufsehen auf den Sapphir erblickt man den Stern, und zwar besonders deutlich wofern der Stein halbkugelig über die Hauptaxe geschnitten ist. Dieser Effect, welchen schon A. Quist im Jahre 1768 beschrieb, rührt höchst wahrscheinlich von ungemein feinen röhrenförmigen

Digitized by Google

Hohlräumen her, welche parallel den Seiten des sechsseitigen Prisma auftreten. Mancher Glimmer lässt nach G. Rose ebenfalls einen sechsstrahligen Stern wahrnehmen, wenn man durch denselben gegen eine Lichtflamme sieht. Hier kann man sich aber durch mikroskopische Untersuchung überzeugen, dass feine stabförmige oder leistenförmige Einschlüsse, welche in drei Richtungen lagern, die sich unter 60° schneiden, in grosser Anzahl darin auftreten. S. Fig. 225. Senkrecht zu diesen Richtungen erblickt man die Lichtstreifen, und es bleibt kein Zweifel, dass die Einschlüsse das Phänomen veranlassen.

Jeder Zug von parallelen stabförmigen Einschlüssen bringt in der dazu senkrechten Richtung eine Verzerrung des Lichtbildes hervor. Daher sieht man in Mineralen, welche blos ein System von feinen gestreckten Einschlüssen enthalten, blos einen Lichtstreif. Ebenso verhalten sich parallelfaserige Minerale. Wird eine Platte senkrecht gegen die Fasern geschnitten, so bemerkt man beim Durchsehen gegen die Lichtflamme einen Lichthof oder Halo. Faserige Minerale, welche über die Fasern rundlich oder halbkugelig geschliffen sind, zeigen einen wogenden Lichtschein, wie man dies am Fasergyps, am Katzenauge und am brasilianischen Chrysoberyll wahrnehmen kann.

Das Schillern, welches an manchen Krystallen auftritt, ist ebenfalls eine Reflexionserscheinung. Im Sonnenstein und im rothen Carnallit sind es parallel gelagerte Schüppchen von Eisenglanz oder Göthit, im Bronzit und Diallag feine Täfelchen von Mineralen, die zum Theil noch nicht bestimmt werden konnten, im Adular, Mondstein, im Apatit sind es parallele tafelförmige oder prismatische Hohlräume (negative Krystalle), welche das Schillern verursachen. Somit ist unter dem Ausdrucke Schillern eine Lichtreflexion an kleinen Flächen zu verstehen, welche in krystallisirten Körpern parallel gelagert sind

Literatur üb. Lichtfiguren: Brewster in d. Edinburgh Transactions Bd. 14. (1837) und im Philosophical Magazine 1853. F. v. Kobell, Sitzungsber. d. bair. Akademie, 1863, pag. 60. Haushofer. Asterismus und Lichtfiguren des Calcits, München 1865. — Ueber Asterismus: Hauy, Traité de Minéralogie, 2. éd. 1822. II., pag. 90. Babinet. Comptes rend. 1837, pag. 762, und Pogg. Ann. Bd. 41. Volger. Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1856, Bd. 19, pag. 103. G. Rose. Monatsberichte der Berliner Akad. 1862, pag. 614 und 1869, pag. 344. Autor. Zeitschr. für Krystallogr. Bd. II, pag. 36. — Ueber das Schillern. Scheerer. 1845. Pogg. Ann. Bd. 64, pag. 153. Reusch ebendas. 1862, Bd. 116, pag. 392 und 118, pag. 256. Bd. 120, pag. 95.

94. Eine besondere Art der Reflexion wird öfters beobachtet, wenn der Strahl sich in einem dichteren Medium bewegt und die Grenze gegen das dünnere Medium erreicht. Hält man bei geeigneter Beleuchtung ein mit Wasser gefülltes Glas so, dass man von unten her auf die Grenzfläche des Wassers gegen die Luft blickt, so findet man leicht eine Richtung, in welcher diese Fläche wie Silber glänzt.

Der Effect rührt daher, dass das einfallende Licht total reflectirt wird und kein Theil desselben in die Luft übergeht. Von letzterem kann man sich über-

Digitized by Google

zeugen, wenn man das Wasser in der jetzigen Stellung belässt und hierauf von oben her gegen das einfallende Licht hinsieht. Die Grenzfläche erscheint nun schwarz und undurchsichtig.

Die totale Reflexion erzeugt die grellen blitzenden Lichteffecte geschliffener Edelsteine, besonders des Diamants. In optischen Instrumenten spielt sie zuweilen eine Rolle. Für die mikroskopische Beobachtung ist ihre Kenntnis ebenfalls von Wichtigkeit. Früher wurde schon erwähnt, dass die schwarzen Ringe welche die Gas- und Dampfbläschen unter dem Mikroskope zeigen, eine hierhergehörige Erscheinung seien, ausserdem kommen noch manche andere Wirkungen der totalen Reflexion vor, welche leicht missdeutet werden können. Da feine Sprünge in den Dünnschliffen von Gesteinen und Krystallen in bestimmten Lagen schwarz erscheinen, so werden dieselben manchmal für undurchsichtige Körper gehalten. Sind die Sprünge krumm, so glaubt man öfter haarförmige Einschlüsse zu sehen, liegen die Sprünge den Gleitflächen parallel, so bemerkt man schwarze Striche, welche wie krystallisirte Einschlüsse aussehen. Ein Beispiel liefern die Druckflächen im Glimmer, wenn derselbe in Dünnschliffen beobachtet wird.

95. **Glanz.** Das Licht wird umso vollständiger nach derselben Richtung zurückgeworfen, je glatter und ebener die Oberfläche ist, welche dio Reflexion bewirkt. Minerale mit glatter Oberfläche zeigen demnach einen Glanz, der aber verschiedene Grade haben kann, welche man mit den Worten stark glänzend, glänzend und wenig glänzend bezeichnet. Ist nur noch ein höchst geringer Glanz bemerklich, so ist die Oberfläche schimmernd, wie die Bruchfläche des dichten Kalksteins oder Alabasters. Die Abwesenheit jeden Glanzes wird durch das Wort matt ausgedrückt. Erdige Minerale, wie Kreide oder Kaolin sind Beispiele dafür.

Das Licht erleidet bei der Reflexion mancherlei Veränderung, auch mischt sich solches bei, welches in das Mineral eingedrungen und von dort wieder zurückgekehrt ist. Das Zusammenwirken dieser Lichtarten ergibt verschiedene Arten des Glanzes, von welchen man folgende unterscheidet:

Metallglanz, der stärkste Glanz, wie er an glatten Metallflächen zu beobachten ist. Man bezeichnet als Abstufungen den vollkommenen und den unvollkommenen Metallglanz.

Diamantglanz, ein sehr lebhafter Glanz, wie er am Diamant, an der Zinkblende vorkommt. Er nähert sich zuweilen schon dem Metallglanz und wird dann als metallartiger Diamantglanz bezeichnet.

Glasglanz, die gewöhnlichste Art des Glanzes, welchen das gemeine Glas, der Quarz, der Baryt zeigen.

Fettglanz, der Glanz eines mit fettem Oele bestrichenen Körpers, wie er auf Bruchflächen des Schwefels zu sehen ist. Minerale, welche viele krystallinische Einschlüsse enthalten oder Gemische aus amorphen und krystallinischen Theilchen sind, haben häufig diesen Glanz. Beispiele sind der Eläolith, der Pechstein.

Digitized by Google

Perlmutterglanz, nach dem eigenthümlichen Glanze der Perlmutter. Minerale, welche aus durchsichtigen Blättchen bestehen, die sich nicht vollkommen berühren, zeigen Perlmutterglanz, wie der Talk. Eine Glimmertafel, welche vordem Glasglanz zeigte, wird durch Druck und Biegung, welche ein Aufblättern erzeugen, perlmutterglänzend. Auf den Flächen vollkommener Spaltbarkeit zeigt sich Perlmutterglanz, wofern schon eine Trennung der Schichten eingetreten ist, so am Glimmer, am Gyps. Hat das perlmutterglänzende Mineral zugleich eine Farbe, so entsteht der metallartige Perlmutterglanz, wie z. B. an manchem braunen Glimmer.

Seidenglanz, an feinfaserigen Mineralen, wie am Fasergyps, Asbest vorkommend, wie die vorige Art des Glanzes von der Textur des Minerals herrührend.

Lit. Haidinger i. d. Sitzungsber. d. Wiener Akad., 1848, November 9, pag. 137. Brücke ebendas. Bd. 43 (1861). Wundt. Heidelberger Jahrh. Bd. 54 (1861).

96. Durchsichtigkeit. Ein Mineral, welches in dicken Schichten so klar ist, dass man eine Schrift durch dasselbe erkennen kann, wird durchsichtig genannt. Wenn aber die Färbung eines Minerals intensiv ist, so wird eine dickere Schichte desselben die Schriftzeichen nicht mehr erkennen lassen und das Mineral wird undurchsichtig erscheinen. So z. B. ist eine dünne Platte von Augit oder Epidot grün und durchsichtig, eine dickere dunkelgrün, ein mässigdicker Krystall schwarzgrün und undurchsichtig. Verschieden von den undurchsichtigen sind die trüben Minerale. Wenn eine an sich durchsichtige Masse in Folge ihres Gefüges oder durch beigemengte Theilchen oder durch feine Hohlräume, welche eine Reflexion an ihrer Begrenzung veranlassen, getrübt ist, so wird sie auch in dünnen Schichten keine Klarheit zeigen, sondern sich blos durchscheinend erweisen, wie z. B. der Chalcedon, der Milchquarz, Feuerstein. Wenn blos an den scharfen Kanten etwas Licht hindurchgeht, nennt man sie kantendurchscheinend. Wenn feine Risse die Ursache der Trübung sind, so wird das Mineral zuweilen durch Flüssigkeiten durchscheinend, wie der Hydrophan, welcher im Wasser auffallend durchscheinend gemacht werden kann.

Die Minerale, welche einen deutlichen Metallglanz besitzen, lassen auch in solchen dünnen Schichten, wie sie durch Schleifen erzeugt werden können, gar kein Licht hindurch. Körper von dieser Eigenschaft nennt man opak. Echter Metallglanz und Opacität sind mit einander enge verbunden.

In ganz ausserordentlich dünnen Schichten lassen auch die Metalle eine geringe Menge Licht hindurch, wie dies an den Metallhäutchen von Gold, Platin, Silber zu sehen ist, welche bei bestimmten chemischen Operationen erhalten werden können.

97. Lichtbrechung. Von dem Lichte, welches an die Grenze zweier Medien gelangt, wird im Allgemeinen blos ein Theil reflectirt. Ein anderer Theil dringt in das neue Medium ein, in welchem, wofern es durchsichtig ist,

Digitized by Google

der Lichtstrahl weiter erfolgt worden kann. Fällt der einfallende Strahl schief auf die Grenzfläche, so erfährt derselbe bekanntlich eine Ablenkung von seiner früheren Richtung, er wird gebrochen. Der Winkel, welchen der einfallende Strahl mit dem Einfallsloth bildet, heisst Einfallswinkel *e*, der Winkel des gebrochenen Strahles mit dem Einfallsloth aber Brechungswinkel *r*. Anfänglich kannte man blos das Verhalten durchsichtiger Flüssigkeiten und des Glases bei der Brechung. Für solche Körper gelten die von Snell aufgefundenen Gesetze:

1. Der gebrochene Strahl liegt in der Einfallsebene. 2. Der Einfallswinkel und der Brechungswinkel haben für denselben Körper ein constantes Verhältnis ihrer Sinus, welches Brechungsexponent oder Brechungsquotient *n* heisst.

$$\frac{\sin e}{\sin r} = n.$$

Der Brechungsquotient ist immer so aufzufassen, dass er für Licht gilt, welches aus dem leeren Raume in den bezüglichen Körper gelangt. Beim Eintritt in Luft erfolgt eine äusserst schwache Brechung. Brechungsqu. für Luft 1.000294. Für alle flüssigen und starren Körper ist er bedeutend grösser als 1, z. B. bei 19° C.

Wasser	= 1.3336	Steinsalz	= 1.5448
Schwefelkohlenstoff	= 1.6272	Diamant	= 2.4195

Der Theorie nach rührt die Ablenkung des Lichtstrahls beim Eintritt in ein dichteres Medium von dem Widerstande des letzteren her, welcher die Geschwindigkeit des Lichtes verringert. In der That ergibt sich aus den Versuchen von Foucault, dass das Licht im Wasser eine Geschwindigkeit hat, welche blos $\frac{3}{4}$ von derjenigen in Luft beträgt. Da der Brechungsquotient des Wassers fast genau $\frac{4}{3}$ ist, so erkennt man hier ein Beispiel für den allgemeinen Satz: dass die Lichtgeschwindigkeiten sich umgekehrt verhalten wie die Brechungsquotienten.

98. Die Bestimmung des Brechungsquotienten wird an einem starren Körper in der Weise ausgeführt, dass der letztere durch Schneiden und Schleifen in die Form eines Prisma gebracht, dieses mit der scharfen Kante gegen einen Limbus senkrecht gestellt und nun die Minimalablenkung beobachtet wird, welche das Prisma auf einfallendes Licht ausübt. Man kann dazu eines der beiden Goniometer Fig. 16 u. 17 benutzen. Ist *V* der Limbus oder Theilkreis, Fig. 261, so erscheint das senkrecht dazu gestellte Prisma als ein Dreieck *P*. Hat man nun mit Zuhilfenahme eines Fernrohres die Richtung des einfallenden Lichtes *LA* bestimmt, so findet man durch Probiren die Stellung, in welcher das Prisma die geringste Ablenkung hervorbringt. Nun wird mit Hilfe des Fernrohres die Richtung des gebrochenen Strahles *PB* bestimmt und so der Betrag der Minimumablenkung $a = AB$ gefunden Kennt man den brechenden Winkel *w* des Prisma, so ergibt sich der Brechungsexponent aus:

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(a + w)}{\sin \frac{1}{2} w}$$

Hat man den Brechungsquotienten einer Flüssigkeit zu bestimmen, so wendet man ein hohles Glasprisma mit planparallelen Wänden an, in welches

Digitized by Google

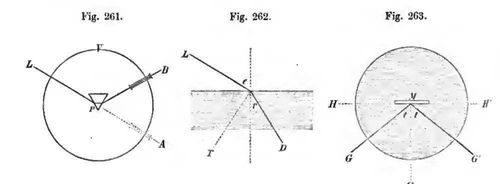
die zu untersuchende Flüssigkeit gegossen wird, und verfährt, wie zuvor angegeben wurde.

Der Brechungsquotient lässt sich auch an durchsichtigen Platten nach der Methode des Duc de Chaulnes[1]) annähernd genau bestimmen. Man stellt ein Mikroskop möglichst scharf auf einen feinen Punkt ein, legt hierauf die Platte, deren Dicke E man kennt, auf jenen Punkt, worauf die Mikroskopröhre um die Grösse h emporgeschoben werden muss, um den Punkt wieder mit derselben Schärfe zu sehen. Die Verschiebung wird an einer Mikrometerschraube abgelesen und es gilt annäherungsweise:

$$\frac{1}{n} = 1 - \frac{h}{E}.$$

Auch durch die Beobachtung der Totalreflexion kann der Brechungsexponent an vielen Mineralen ermittelt werden.

Fig. 261. Fig. 262. Fig. 263.



Ein Lichtstrahl D, der im Innern einer Flüssigkeit gegen die Oberfläche unter dem Winkel r einfällt, wird in die Luft mit einem grösseren Winkel e austreten, Fig. 262, während gleichzeitig ein Theil seines Lichtes nach T reflectirt wird. Denkt man sich beide Winkel, r und e, grösser werdend bis $e = 90°$, so würde das austretende Licht die Oberfläche streifen, während r einen bestimmten Werth t erreicht, welcher die Grenze oder den Anfang der totalen Reflexion angibt. Wird r noch grösser als die Zahl t, so tritt kein Licht mehr durch die Oberfläche in die Luft, sondern alles einfallende Licht wird im Innern total reflectirt.

Verwendet man als Flüssigkeit ein Medium von hohem Brechungsverhältnis, so wird ein eingetauchtes glattes Mineral, das einen geringeren Brechungsquotient besitzt, wie Luft wirken und Totalreflexion hervorrufen. Hierauf gründet sich das Totalreflectometer von Kohlrausch. Ein rundes Glasgefäss mit matter durchscheinender Wand, welches die Fig. 263 von oben gesehen darstellt, wird mit Schwefelkohlenstoff gefüllt, ferner die glatte Fläche des Minerales M in die Mitte des Gefässes vertical gestellt. Ringsum kann Licht durch die Wand auf

[1]) Mémoires de l'acad. de sciences 1767, pag. 431.

jene Fläche einfallen. Von G und von G' angefangen, also in den Räumen GMH und $G'MH'$ beobachtet man totale Reflexion. Die Hälfte des Winkels GMG' ist demnach $= t$. Kennt man den Brechungsexponenten des Schwefelkohlenstoffs s, so berechnet sich der Brechungsexponent des angewandten Minerals n aus:

$$n = s \sin t.$$

Anstatt von G und G' aus auf die Fläche M zu visiren, kann man auch in einer fixen Richtung, z. B. CM beobachten, hingegen das Mineral M, welches an einem horizontalen Limbus hängend befestigt ist, in der einen und der anderen Richtung drehen und die Stellungen bestimmen, bei welchen die Grenze der totalen Reflexion am Verticalfaden des Fernrohres erscheint. Wie M. Bauer zeigte, lässt sich das Reflexionsgoniometer, sowie der später zu besprechende Axenwinkelapparat als Totalreflectometer gebrauchen.

Ein anderer Fall, in welchem die totale Reflexion in Betracht kommt, wurde schon früher **(68)** erwähnt. Die kleinen kugelrunden Blasen, welche häufig als Einschlüsse in durchsichtigen Mineralen beobachtet werden, erscheinen in dem Mikroskope als breitere oder schmälere dunkle Ringe. Diese entstehen dadurch, dass die parallelen Lichtstrahlen, welche durch das Mineral, dessen Brechungsquotient n ist, gehen, an der Wand der Blase, deren Inhalt den Brechungsquotient b besitzt, zum Theile total reflectirt werden.

Man kann nach der Methode von Wiesner den scheinbaren Durchmesser D des runden Bläschens mittels einer im Ocular des Mikroskopes angebrachten durchsichtigen Skale (Mikrometer) bestimmen, ebenso nach der Einstellung auf den unteren Theil der Blase den scheinbaren Durchmesser d des hellen runden Theiles, welcher von dem dunklen Ringe eingeschlossen ist, und kann nach der Formel $\frac{D}{d} = \frac{n}{b}$ den Brechungsquotienten n bestimmen, wofern b bekannt ist. Wenn der eingeschlossene Dampf oder das enthaltene Gas keinen merklich grösseren Brechungsquotienten als die Luft besitzt, so kann man $b = 1$ setzen, wornach sich n aus jenen Messungen, freilich nur sehr beiläufig, berechnen lässt.

Lit. Wüllner, Lehrb. d. Experimentalphysik, 2. Bd. Kohlrausch, Zeitschr. f. Kryst., 4. Bd., pag. 451 und 621. Bauer, Jahrb. f. Min. 1882, Bd. 1, pag. 132. Mallard, Krystallographie, 2. Bd. Wiesner, Einleitung i. d. technische Mikroskopie, Wien 1867, pag. 191.

99. Während alle amorphen, sowie die tesseral krystallisirten Minerale die bisher betrachtete einfache Lichtbrechung zeigen, verursachen die übrigen krystallisirten Minerale im Allgemeinen eine Spaltung des eintretenden Lichtstrahles in zwei Theile, sie lassen eine doppelte Lichtbrechung erkennen, welche Erscheinung bekanntlich am Kalkspath, dessen Doppelbrechung eine sehr starke ist, zuerst von Erasmus Bartholin beobachtet wurde [1]).

Ein durchsichtiges Spaltungsstück von Kalkspath (isländischem Doppelspath) auf ein weisses Papier gelegt, worauf ein schwarzer Punkt, lässt diesen

[1]) Experimenta crystalli islandici disdiaclastici quibus mira et insolita refractio detegitur. Havniae 1669.

Digitized by Google

doppelt erscheinen. Die durch einen Nadelstich in einem Papierblatt erzeugte helle Oeffnung erscheint, durch jenes Spaltungsstück gesehen, als ein doppeltes Lichtbild. Das eintretende Lichtbündel wird also in zwei Strahlen zerlegt. Dreht man nun die doppeltbrechende Kalkspathplatte so, dass sie immer das Papier berührt, so zeigt sich ein verschiedenes Verhalten in beiden Strahlen. Während der eine an derselben Stelle verharrt, als ob er durch eine Glasplatte gesehen würde, wandert der andere bei der Drehung um den ersten herum. Daraus ist zu schliessen, dass der eine Strahl *o*, welcher der ordentliche oder ordinäre genannt wird, dem gewöhnlichen Brechungsgesetze folgt, während der andere *e*,

Fig. 264.

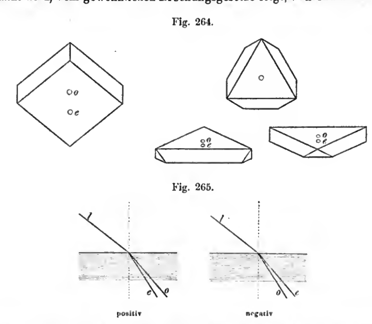


Fig. 265.

der ausserordentliche oder extraordinäre Strahl, einem anderen Gesetze gehorcht. Verfolgt man den Weg beider Strahlen genauer, oder bestimmt man die Brechungsquotienten beider, also ω und ε, so zeigt sich, dass der ordinäre Strahl einen grösseren Brechungsquotienten hat, als der extraordinäre, dass also $\omega > \varepsilon$, ferner dass der letztere Brechungsquotient nicht constant, sondern mit der Richtung des einfallenden Lichtes variabel ist. Für gelbes Licht ist nämlich $\omega = 1{\cdot}6585$, während ε von diesem Betrage bis zu 1·4864 herabgeht.

Schleift man an einem Spaltungsrhomboëder von Kalkspath die beiden Polecke weg, so dass die angeschliffenen Flächen zur Hauptaxe senkrecht sind, und blickt man geradeaus durch eine solche Basisplatte gegen die helle Oeffnung im Papierblatte, so bemerkt man blos ein einziges Lichtbild, dagegen erscheinen wiederum zwei Lichtbilder, wofern man schief hindurchsieht. Der Kalkspath besitzt also eine Richtung oder Axe einfacher Brechung, welche der krystallographischen Hauptaxe parallel ist, in allen übrigen Richtungen aber zeigt er doppelte Lichtbrechung.

Digitized by Google

So wie der Kalkspath verhalten sich alle durchsichtigen Minerale, deren Individuen einen wirteligen Bau besitzen, also jene, welche dem tetragonalen odor dem hexagonalen Systeme angehören. Sie sind optisch einaxig. Dabei zeigt sich nur der Unterschied, dass zwar viele dem Kalkspath entsprechend $\omega > \varepsilon$ haben, dass aber in anderen, wie z. B. im Quarz $\omega < \varepsilon$ ist. Die Doppelbrechung mit $\omega < \varepsilon$ wird positiv oder attractiv, die andere mit $\omega > \varepsilon$ wird negativ oder repulsiv genannt.

Die Minerale, deren Krystallform einem einfacheren Baue entspricht, also die triklinen, monoklinen und rhombischen zeigen gleichfalls eine doppelte Lichtbrechung, doch besitzen dieselben zwei Richtungen oder Axen einfacher Brechung. Sie sind optisch zweiaxig. Diese Körper liefern keinen ordentlichen Strahl, denn beide Strahlen haben variable Brechungsquotienten, sind also ausserordentliche Strahlen. Dennoch unterscheidet man in Folge einer Analogie, die später zu besprechen ist, auch hier positive und negative Krystalle.

Nur wenige der doppelt brechenden Minerale erlauben die Prüfung mittels ebener Platten, wie der Kalkspath, denn nur wenige vermögen die beiden Strahlen so weit von einander zu trennen, wie es in diesem Minerale geschieht. Schleift man jedoch Prismen und beobachtet durch dieselben einen Lichtspalt, wie es bei der Bestimmung des Brechungsquotienten geschieht, so kann man die doppelte Brechung an allen Körpern ausser den tesseralen und amorphen durch die Verdopplung des Lichtbildes erkennen, und so die beiden Brechungsquotienten für bestimmte Richtungen ermitteln oder auch die einfache Brechung nach den optischen Axen constatiren. Letzteres geschieht jedoch einfacher nach dem später zu besprechenden Verfahren im polarisirten Lichte.

Die entstandene doppelte Brechung kann auch wieder aufgehoben werden. Legt man auf ein Spaltungsstück von Calcit ein zweites von gleicher Dicke, jedoch in einer um 180° verschiedenen Stellung, bildet man also einen künstlichen Zwilling nach dem Gesetze: Zwillingsebene die Fläche *R*, so wird ein Punkt bei gerader Durchsicht durch diese Doppelplatte einfach erscheinen. Sind die beiden Platten von ungleicher Dicke, so wird die Doppelbrechung wenigstens geschwächt. Man sieht zwei Punkte, aber nahe beisammen.

Die Brechungsquotienten der doppelt brechenden Körper werden so wie jene der einfachbrechenden an Prismen mittels des Goniometers bestimmt, doch lässt sich, wie Kohlrausch gezeigt hat, auch eine andere Methode mit Erfolg anwenden. Da jedem Brechungsquotienten eine bestimmte Grenze der totalen Reflexion entspricht, so geben Platten von doppelt brechenden Mineralen auch eine zweifache Grenze der totalen Reflexion, wofern der Strahl so auffällt, dass der gebrochene Strahl sich verdoppelt. Man kann daher mittels des Totalreflectometers an vielen Mineralen, selbst an undurchsichtigen, die beiden Brechungsquotienten bestimmen.

100. Farbenzerstreuung. Ein Strahlenbündel weissen Sonnenlichtes, welches durch ein Glasprisma geleitet worden, erscheint nicht nur von seiner früheren Richtung abgelenkt, sondern auch in Farben aufgelöst. Auf einem

Digitized by Google

weissen Schirm aufgefangen, liefert es ein Spectrum, in welchem die rothen Strahlen am schwächsten, die violetten am stärksten abgelenkt erscheinen. Werden die einzelnen Strahlen des Spectrums mit einem ferneren Prisma untersucht, so zeigt sich, dass dieselben verschiedene Brechbarkeit besitzen, indem dem Roth der geringste Brechungsquotient znkommt, woranf orange, gelb, grün, blau, indigo, violett folgen, welches letztere den grössten Brechungsquotienten hat.

Werden die Strahlen des Spectrums durch eine Linse wieder vereinigt, so entsteht wieder weisses Licht, werden aber Theile des Spectrums vor der Vereinigung weggelassen, so bildet sich ein farbiges Licht. Nach Wegnahme von roth entsteht grün, nach Wegnahme von violett und blau entsteht gelb, nach Wegnahme des Grün entsteht roth. Die weggenommene und die hernach entstandene Farbe würden einander zu weiss ergänzen, sie sind complementär.

Die Zerstreunng des Lichtes in Farben oder die Dispersion spielt auch bei der doppelten Lichtbrechung eine wichtige Rolle. Ein Kalkspathprisma dessen Kante parallel der Hanptaxe, liefert zwei Spectra von gleicher Farbenfolge nnd dementsprechend verhalten sich alle übrigen doppelt brechenden Körper. Der Betrag der Dispersion wird mittels des Reflexionsgoniometers bestimmt, nach Soret lässt sich anch das Totalreflectometer dazu benutzen.

Wenn man ein ausgedehntes Spectrum des Sonnenlichtes betrachtet, so bemerkt man eine Anzahl schwarzer Linien (Fraunhofer'sche Linien) darin. Es fehlen also im Sonnenspectrum einige Lichtarten. Das Spectrum glühender Körper, z. B. des glühenden Platins, ist frei von solchen Linien, es zeigt alle Lichtarten. Das Licht einer Alkoholflamme, deren Docht mit Kochsalz eingerieben ist, gibt ein Spectrum, welches blos aus einer gelben Doppellinie besteht und daneben einige Linien enthält, welche vom verbrennenden Alkohol herrühren. Der Dampf des Kochsalzes gibt also einfaches gelbes Licht, er erzeugt monochromatisches Licht. Lithiumsalze geben ziemlich einfaches rothes, Thalliumsalze einfaches grünes Licht.

101. Absorption. Das weisse Licht wird von vielen Körpern beim Durchgange in der Weise verändert, dass eine oder mehrere Bestandtheile desselben verlöscht werden, während der Rest als farbiges Licht hindurch geht. Die verschiedenen Medien vermögen also bestimmte Lichtarten zu verschlucken oder zu absorbiren, während sie andere durchlassen. Das Sonnenlicht, welches durch Kobaltglas gegangen ist, zeigt bei der Untersuchung mit dem Prisma ein Spectrum, in welchem alle Farben ausser roth und blau geschwächt erscheinen. Bei grösserer Dicke des Kobaltglases bleiben nur roth und blau übrig. Das rothe Glas, welches durch Kupferoxydul gefärbt ist, liefert ein Spectrum, in welchem alle Farben ausser roth fehlen. Das durchfallende Licht ist fast monochromatisch. Platten, welche aus manchem Granat oder Zirkon geschnitten sind, liefern bei demselben Versuche ein Spectrum, welches viele Unterbrechungen in der Form dunkler Bänder zeigt. Es sind also beim Durchgange durch diese Platten eine Anzahl verschiedener Lichtarten vollständig absorbirt worden. Die Mehrzahl der farbigen Minerale geben bei dieser Behandlung Spectra, in welchen die

Digitized by Google

verschiedenen Theile sehr ungleichartig geschwächt oder ausgelöscht erscheinen. In allen diesen Fällen bleiben verschiedene Lichtarten übrig, welche nach dem Austreten eine Mischfarbe erzeugen.

102. Farben. Da bei der Beobachtung im auffallenden Lichte, wofern der Glanz nicht stört, Strahlen wahrgenommen werden, welche in das Mineral eingedrungen und daraus wieder zurückgekehrt sind, so werden sich dabei im Allgemeinen dieselben Farben zeigen wie im durchgehenden Lichte. Dieselben lassen sich aber, weil sie meistens Mischfarben sind, nicht nach den Spectralfarben classificiren. Bei ziemlich gleichförmiger Absorption aller Lichtarten wird grau, schliesslich schwarz entstehen, welche also hier nebst weiss auch zu den Farben gezählt werden.

Die eigentlichen Farben zeigen drei verschiedene Hauptcharaktere, je nachdem sie an opaken Körpern auftreten, also metallische Farben sind, oder an trübe Medien gebnnden sind, oder an durchsichtigen Medien vorkommen (Deckfarben nnd Lasurfarben der Maler). So ist goldgelb eine metallische Farbe, während ockergelb für trübe, weingelb für durchsichtige Körper gilt. Man pflegt aber nur die metallischen Farben schärfer von den übrigen zu trennen.

Von den metallischen Farben unterscheidet man:

Rothe: kupferroth; gelbe: bronzegelb, messinggelb, goldgelb, speisgelb; braune: tombackbraun; weisse: silberweiss, zinnweiss; graue: bleigrau, mit den Abarten reinbleigrau, weisslich-, röthlich-, schwärzlich-bleigrau; schwarze: eisenschwarz.

Die nicht metallischen Farben werden nach dem Vorgange von Werner unter die acht Abtheilungen, weiss, grau, schwarz, blau, grün, gelb, roth und braun gebracht und wird die reinste Farbe als Charakterfarbe hervorgehoben.

Weiss: schneeweiss, röthlichweiss, gelblichweiss, grünlichweiss, bläulichweiss, granlichweiss.

Grau: aschgrau, grünlichgrau, bläulichgrau, röthlichgrau, gelblichgrau, rauchgrau oder bräunlichgrau, schwärzlichgrau.

Schwarz: graulichschwarz, sammtschwarz, bräunlichschwarz oder pechschwarz, röthlichschwarz, grünlichschwarz oder rabenschwarz, bläulichschwarz.

Blau: schwärzlichblau, lasurblau, violblau, lavendelblau, pflaumenblau, berlinerblau, smalteblau, indigoblau, himmelblau.

Grün: spangrün, seladongrün, berggrün, lauchgrün, smaragdgrün, apfelgrün, pistaciengrün, schwärzlichgrün, olivengrün, grasgrün, spargelgrün, ölgrün, zeisiggrün.

Gelb: schwefelgelb, strohgelb, wachsgelb, honiggelb, citrongelb, ockergelb, weingelb, isabellgelb, erbsengelb, pomeranzengelb.

Roth: morgenroth, hyacinthroth, ziegelroth, scharlachroth, blutroth, fleischroth, carminroth, cochenilleroth, rosenroth, carmoisinroth, pfirsichblüthroth, colombinroth, kirschroth, bräunlichroth.

Braun: röthlichbraun, nelkenbraun, haarbraun, kastanienbraun, gelblichbraun, holzbraun, leberbraun, schwärzlichbraun.

Die Abstufung oder Sättigung der Farbe wird durch die Worte hoch, tief, licht, dunkel, blass ausgedrückt, welche der Farbenanzeige beigegeben werden. Um die Farben, welche durch specifische Bezeichnungen angegeben werden, wie ölgrün, isabellgelb, colombinroth, kennen zu lernen, ist es nöthig, eine Farbenskale, am besten durch ausgewählte Mineralstücke dargestellt, zu studiren. Derjenige, welcher Andeutungen von Farbenblindheit an sich wahrnimmt, wird bei der Bestimmung der Farbe besonders vorsichtig sein müssen und eine Farbenskale, sowie das Urtheil Anderer zu benützen haben.

Ueber Farben: Haidinger, Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 8. Brücke, Physiologie der Farben. Leipzig 1866.

103. Da die farbigen Medien nicht alle Lichtarten, welche sie absorbiren, in gleicher Weise vernichten, so tritt zuweilen die Erscheinung ein, dass ein Medium in dünneren Schichten eine andere Farbe hat als in dickeren, wie z. B. mancher Granat.

An Krystallen bemerkt man zuweilen zwei oder mehrere Farben an demselben Individuum, was von der isomorphen Schichtung **(65)** herrührt. Beispiele liefern manche Krystalle von Flussspath, welche entweder Schichten verschiedenartiger Färbung erkennen lassen oder an welchen die Würfelecken anders gefärbt sind, wie der übrige Krystall. Der ungleiche Ansatz der isomorphen Schichten bedingt bei säulenförmigen Krystallen, welche vorzugsweise nach einer Richtung wachsen, die Bildung heller oder dunkler Köpfe, wie am Beryll, Diopsid vom Zillerthal, Turmalin von Elba (Mohrenköpfe).

Krystallinische Minerale können entweder zufolge ihrer Bildung oder in Folge späterer Veränderungen verschiedene Farbenzeichnungen haben, die man als punktirt, gefleckt, wolkig, geflammt, geadert, gestreift, gebändert, wellig, ringförmig, festungsartig, breccienartig u. s. w. bezeichnet.

104. Manche Minerale kommen jederzeit mit derselben bestimmten Farbe vor und sind niemals farblos. Sie werden eigenfarbig oder idiochromatisch genannt. Beispiele sind Gold, Bleiglanz, Kupferlasur. Andere Minerale hingegen finden sich bei sonst gleichen Eigenschaften in verschiedenen Farben und kommen auch farblos vor. Ihre Farbe ist also nichts Eigenthümliches, daher solche in Farben auftretende Minerale gefärbt oder allochromatisch genannt werden. Ihre Farbe ist nicht mit der Substanz untrennbar verbunden, sondern rührt von einem beigemischten Pigment her. Beispiele sind der Flussspath, welcher in vielerlei Farben vorkommt, der Baryt, der Quarz. Das Pigment ist zuweilen durch das Mikroskop zu erkennen, wie z. B. das Rotheisenerz in dem Heulandit, zuweilen aber höchst fein vertheilt, wie im Flussspath.

Ein Uebergang zwischen der farbigen und gefärbten Beschaffenheit wird durch manche isomorphe Mischung **(65)** hervorgebracht, indem farblose und farbige Mineralarten zu einem gleichartig aussehenden Individuum zusammen-

Digitized by Google

krystallisiren, welches eine mittlere Farbe zeigt; so z. B. mischt sich der farblose Spinell mit dem schwarzen opaken Magneteisenerz und liefert den Pleonast, welcher in dünnen Schichten braun erscheint.

Das Pigment einiger gefärbter Minerale ist so zart, dass es am Lichte vernichtet wird und die Minerale verblassen. So verliert mancher Topas, Rosenquarz, Chrysopras allmälig die Farbe. Einige der eigenfarbigen Minerale verändern, dem Lichte ausgesetzt, an der Oberfläche ihre Farbe, wie z. B. das Realgar und Rothgiltigerz. Die chemische Veränderung, welche hier stattfindet, greift dann allmälig tiefer. Endlich tritt auch zuweilen der Fall ein, dass farblose oder blass gefärbte Minerale zufolge der Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit von der Oberfläche aus verändert werden und eine dunklere Farbe annehmen, sich verfärben, wie der Eisenspath, Manganspath und Braunspath.

105. Strich. Farblose Minerale liefern beim Zerreiben ein weisses Pulver, gefärbte geben ein weisses oder schmutzigweisses Pulver, weil das neu entstandene Weiss die Farbe des Pigments ganz oder theilweise verdeckt. So liefert blaues Steinsalz ebenso wie das farblose ein weisses Pulver. Eigenfarbige Minerale von satter Farbe zeigen auch in Pulverform einen entschiedenen Farbenton, und zwar wird derselbe bei durchsichtigen Mineralen wegen des beigemischten Weiss heller sein, als die ursprüngliche Farbe des Minerals, während bei trüben Mineralen die beiden Farben sich wenig oder gar nicht unterscheiden. So gibt der an sich durchsichtige cochenillerothe Zinnober ein scharlachrothes Pulver, der durchsichtige lasurblaue Azurit ein smalteblaues Pulver, während die trübe, apfelgrüne Abänderung des Malachits ein gleichfarbiges Pulver liefert. Die opaken Minerale sind in Pulverform häufig schwarz oder dunkel, weil der Metallglanz fehlt und die Absorption allein wirkt. Der speisgelbe Schwefelkies gibt ein bräunlichschwarzes, der zinnweisse Speiskobalt ein graulichschwarzes Pulver.

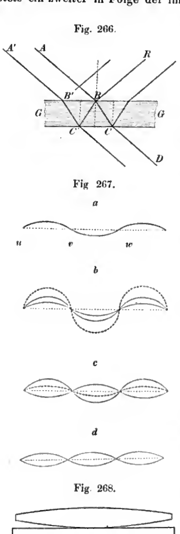
Die Farbe des Pulvers wird von den Mineralogen der Strich genannt, weil man sich durch Streichen des Minerals auf eine weisse rauhe Fläche, z. B. eine Platte von Porzellan-Biscuit am leichtesten eine kleine Menge des Pulvers auf geeignetem Hintergrunde verschafft. Da die eigenfarbigen Minerale einen Strich von bestimmter Farbe zeigen, welche zu den Eigenthümlichkeiten des Minerals gehört, so ist der Strich in diesem Falle ein wichtiges Kennzeichen.

Beim Ritzen mit einer stumpfen Spitze wird man den Strich weniger deutlich erkennen, manche Minerale liefern aber dabei eine glänzende Rinne und man sagt, sie seien im Striche glänzend.

106. Interferenz. Glimmerblättchen von ausserordentlich geringer Dicke zeigen im auffallenden Lichte prachtvolle Farben, welche denen gleichen, die man an dünnen Seifenblasen sieht. Ebensolche Farben treten häufig an den feinen Spaltungsrissen von Kalkspath, Orthoklas und anderen Mineralen auf. In bunter Folge zeigen sich dieselben an den feinen Sprüngen im Bergkrystall und an anderen wasserhellen Mineralen. Die Erscheinung heisst das Irisiren.

Digitized by Google

Um sich zuerst über die Entstehung der Farben an dünnen Blättchen Rechenschaft zu geben, betrachtet man den Weg des reflectirten Lichtes. Von den parallelen Strahlen, welche auf das Blättchen *GG* fallen, Fig. 266, hat der eine den Weg *ABR* zurückgelegt, indem er an der Oberfläche reflectirt wird, während stets ein zweiter in Folge der inneren Reflexion den Weg *A'B'C'BR* nimmt, also zuletzt mit dem vorigen gleichen Lauf hat. Die Wegdifferenz *B'C'B* in dem anders brechenden Medinm, welche dem einen der beiden Strahlen zukommt, ist die Ursache, dass die beiden gleichlaufenden Strahlen auf einander einwirken (interferiren).



Von dieser Einwirkung erhält man eine anschauliche Vorstellung, wenn man die Undulations-Theorie zu Hilfe nimmt, gemäss welcher das Licht als die schwingende Bewegnng eines unwägbaren Mediums, des Aethers, aufgefasst wird. Die Aethertheilchen oder Aethermolekel schwingen senkrecht zu der Richtung des Lichtstrahles nnd ihre Bewegung pflanzt sich wellenförmig in dieser Richtung fort. Die Aethermolekel, welche sich im Ruhezustande auf der Linie des Strahles neben einander befanden, haben in dem Lichtstrahl eine solche Bewegung, dass ihre Verbindungslinie in jedem Augenblicke eine Wellenlinie darstellt. Die Distanz *uw*, welche für jede Lichtart eine bestimmte Grösse hat, Fig. 267, heisst Wellenlänge Die Strecke *uv* ist sonach eine halbe Wellenlänge.

Wenn Lichtstrahlen gleicher Art denselben Lauf haben, so werden sie auf einander einwirken, indem sich ihre Bewegungen summiren. Haben die Schwingungen beider dieselbe Richtung, wie in Fig. *b*, so entsteht eine verstärkte Bewegung, die Helligkeit des Strahles nimmt zu; haben die Schwingungen entgegengesetzte Richtung wie in Fig *c*, so wird eine Schwächung eintreten. In dem Falle als beide Strahlen von gleicher Intensität sind, jedoch die eine um eine halbe Wellenlänge verspätet erscheint, wie in Fig. *d*, sind die Schwingungen genau entgegengesetzt, sie heben sich daher auf. Durch das Zusammentreffen zweier solcher Strahlen in gleichem Laufe entsteht Dunkelheit. Dasselbe geschieht aber auch, wenn die Verspätung des einen Strahles drei, fünf, überhaupt eine ungrade Zahl von halben Wellenlängen beträgt.

Digitized by Google

Diese Verspätung kann dadurch eintreten, dass der eine Strahl einen längeren Weg durchläuft als der andere, oder auch dadurch, dass der eine seine Bewegung in einem widerstehenden Medium verzögert. In einem sehr dünnen Glimmerblättchen oder der dünnen Schichte einer Seifenblase wirken beide Umstände zusammen. Denkt man sich aber statt des Blättchens *G G* eine dünne Luftschichte wie sie in den Spaltungsrissen oder Sprüngen vorhanden ist, so kommt vorzugsweise die erste Ursache in Betracht. Wenn das Blättchen oder die Luftschichte keilförmig ist, so wird ein Strahl, welcher der Schärfe des Keiles nahe liegt, eine Verzögerung um eine halbe Wellenlänge haben, ein anderer, welcher schon durch eine dickere Stelle des Keiles geht, eine Verzögerung von zwei halben Wellenlängen, ein folgender eine solche von drei, ein anderer von vier halben Wellenlängen und so fort. Die Stellen für die ungeraden Zahlen werden immer eine Auslöschung geben und es werden sich Interferenzstreifen zeigen. Hat die Luftschichte eine solche Form, dass ihre Dicke rings um einen Punkt allmälig zunimmt, so entstehen um diesen Punkt Interferenzringe.

Wenn Tageslicht angewandt wird, so geschieht an den bestimmten Punkten die Auslöschung nur in einer bestimmten Lichtart oder Farbe, die anderen Farben bleiben übrig und geben für jede solche Stelle eine bestimmte Mischfarbe. Im auffallenden Tageslichte haben daher parallelwandige Blättchen und Luftschichten eine einzige Mischfarbe, andere von wechselnder Dicke hingegen zeigen Farbenstreifen oder verschiedene Farbenzeichnungen. Im durchfallenden Lichte zeigen sich ebenfalls Farben, sie sind complementär zu den vorigen, doch viel blasser. Dieselben erklären sich daraus, dass (Fig. 266) immer ein Strahl den Weg *A B C D*, ein anderer den Weg *A'B'C'B C D* nimmt, worauf beide denselben Lauf haben, aber eine Wegdifferenz aufweisen, die zweimal die Strecke *B C* beträgt.

Man kann die Farbenringe, wie Newton gezeigt hat, am leichtesten hervorrufen, wenn man auf eine ebene Glasplatte eine convexe Glaslinse legt, worauf um den Berührungspunkt eine Luftschichte vorhanden ist, deren Dicke nach aussen regelmässig zunimmt, Fig. 268. So erhält man im auffallenden Lichte von dem schwarz erscheinenden Berührungspunkte gezählt, nachstehende Farbenfolge:

1. Ordnung: schwarz, bläulichgrau, weiss, strohgelb, braungelb, orange, roth.
2. Ordnung: purpur, violett, indigo, himmelblau, hellgrün, gelb, orange, roth.
3. Ordnung: purpur, violett, indigo, blau, meergrün, grün, gelbgrün, isabellgelb, blass fleischroth.
4. Ordnung: carmoisin, bläulichgrün, grün, graugrün, blass fleischroth.
5. Ordnung: schwachgrün, weiss, schwachroth.

Die folgenden Ringe haben schwach blaugrüne und blass fleischrothe Farben und verblassen immer mehr. Eine keilförmige Luftschichte gibt nicht Ringe, sondern Farbenstreifen von derselben Farbenfolge.

107. Die Farben dünner Blättchen kommen an den Mineralen in verschiedenen Formen vor. Ausser dem Irisiren feiner Sprünge an durchsichtigen Mineralen gehört vor Allem das F a r b e n s p i e l hieher, welches am Edelopal zu beobachten ist. Man sieht die prächtigen Farben in jeder Richtung, in welcher man

auf den Stein blickt. Brewster nahm an, dass die Erscheinung von höchst feinen Poren herrühre, welche in der Masse des Opals regelmässig vertheilt sind, doch konnte Behrens bei der mikroskopischen Untersuchung nichts davon wahrnehmen, und glaubte die Farben von feinen Opal-Lamellen ableiten zu können, welche eine etwas andere Brechbarkeit haben, als die Umgebung. Die Farben können aber nur von Lamellen herrühren, welche unregelmässig vertheilt sind und einen Brechungsquotienten haben, welcher von jenem der Umgebung sehr verschieden ist. Man wird sie daher am sichersten von feinen Sprüngen abzuleiten haben, umsomehr, da das Vorkommen feiner Risse im Opal eine bekannte Erscheinung ist.

Ein anderes hierhergehöriges Phänomen ist die Farbenwandlung, als welche man das Auftreten schöner Farben in krystallographisch bestimmter Richtung bezeichnet. An manchem Labradorit und Orthoklas erblickt man auf bestimmten Flächen entweder leuchtende Farben oder doch einen bläulichen Lichtschein, an manchem Chrysoberyll immer nur den letzteren. Brewster erklärte die Erscheinung durch die Annahme feiner viereckiger Hohlräume, Bonsdorff, Vogelsang glaubten sie von Einschlüssen herleiten zu können. In diesem Falle scheint es, dass Brewster der richtigen Auffassung am nächsten gekommen sei und die Farben von äusserst feinen Hohlräumen, welche von Krystallebenen begrenzt sind, also von negativen Krystallen herrühren.

Die Anlauffarben sind ebenfalls Farben dünner Blättchen, und zwar solcher dünner Schichten, die sich an der Oberfläche mancher Minerale abgesetzt haben. Das Wismut, der Eisenglanz von Elba, mancher Magnetit sind oft mit schönen Farben angelaufen. Das Anlaufen des Stahles gehört auch hieher. In allen diesen Fällen ist es der Beginn einer chemischen Veränderung, welche die Bildung einer äusserst dünnen Schichte eines neuen Körpers hervorgerufen hat. Von dem Eisenspath, dem Kalkspath, welche zuweilen zart angelaufen sind, weiss man, dass die dünne Schichte aus Brauneisenerz besteht. Krystalle sind zuweilen auf den gleichen Flächen gleich, auf den ungleichen aber verschieden angelaufen, wie manche Bleiglanzkrystalle, welche auf den Oktaëderflächen blau, auf den Würfelflächen aber nicht angelaufen sind.

Die Farben trüber Medien erklärt man ebenfalls durch Interferenz. Durchsichtige Körper, welche eine feine Trübung zeigen, in welchen also ungemein kleine Partikelchen die Trübung veranlassen, erscheinen im auffallenden Lichte bläulich, namentlich deutlich auf dunklem Grunde, im durchfallenden aber gelblich bis bräunlich. Der bläuliche Rauch der Cigarren ist im durchfallenden Lichte bräunlich, die Strahlen der untergehenden Sonne, welche einen langen Weg durch die zartgetrübte Atmosphäre zurückgelegt haben, besitzen eine rothe Farbe. Das Blau des Himmels ist die Farbe der zart getrübten Luft auf dem dunklen Grunde des Weltraumes; bei stärkerer Trübung durch grössere Wasserkügelchen und Bläschen verschwindet es. An Mineralen werden die Farben trüber Medien häufig beobachtet. Der bläuliche Opal, Chalcedon, sind im durchfallenden Lichte gelblich oder röthlich, die trüben Krystalle von Feldspath, Nephelin etc. zeigen bei der Untersuchung im Dünnschliffe, im durchfallenden Lichte eine bräunliche Farbe. Bei farbigen Mineralen mischen sich

Digitized by Google

die durch Trübung entstandenen blassen Farbentöne mit der eigentlichen Farbe.

Ueber Farbenspiel: Brewster, Optics. Behrens, Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 64, December 1871. Farbenwandlung: Brewster, Optics. Hessel, Kastner's Archiv f. ges. Naturlehre, Bd. 10, pag. 273. Vogelsang, Archives Néerlandaises. Tome III (1868). Reusch, Poggendorff's Ann., Bd. 116, pag. 392, Bd. 118, pag. 256, Bd. 120, pag. 95. Anlauffarben: Hausmann, Neues Jahrb. f. Min. 1848, pag. 326. Farben trüber Medien: Brücke, Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1852, Juli. Tyndall, das Licht.

108. Polarisation. Das Licht erlangt durch eine bestimmte Art der Reflexion seitliche Eigenschaften. Der Strahl verhält sich nachher nicht mehr rings um seine Fortpflanzungsrichtung gleich, wie im ursprünglichen Zustande, sondern in einer bestimmten Ebene anders, als in der dazu senkrechten, er ist polarisirt.

Nimmt man eine Platte von farbigem Turmalin, welche parallel zur Hauptaxe des Krystalls geschnitten ist, Fig. 269, und betrachtet durch dieselbe eine weisse Wolke, ein Lampenlicht etc., so zeigt sich keine Aenderung, wenn man die Platte vor dem Auge nach links oder nach rechts dreht. Untersucht man jedoch Licht, welches von einer horizontalen Glastafel oder von einer glatten Tischplatte reflectirt wird, so bemerkt man bei der Drehung der vor das Auge geschobenen Turmalinplatte einen auffallenden Wechsel der Helligkeit. Die Glastafel oder die Tischplatte erscheint hell und glänzend, wenn die Hauptaxe des Turmalins horizontal ist, hingegen verdunkelt, wenn die Platte so gedreht wurde, dass die Hauptaxe vertical zu stehen kommt. Das reflectirte Licht hat also von 90° zu 90° wechselnde Beschaffenheit, es ist polarisirtes Licht.

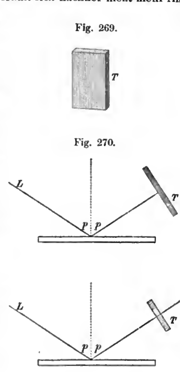


Fig. 269.
Fig. 270.

Die Einfallsebene, welche bei diesem Versuche vertical ist, wird Polarisationsebene genannt. Man sagt demnach: wenn die Turmalinplatte so steht, dass ihre Hauptaxe zur Polarisationsebene senkrecht ist, so lässt sie das polarisirte Licht hindurch, wenn aber ihre Hauptaxe zur Polarisationsebene parallel ist, verlöscht sie den polarisirten Strahl, Fig. 270.

Um die Sache anschaulicher zu machen, darf man sich den Turmalin wie ein Gitter vorstellen, dessen Stäbe zur Hauptaxe parallel sind. Den polarisirten Strahl denkt man sich aus Theilchen bestehend, welche parallel zu der reflectiren-

Digitized by Google

den Ebene hin- und herschwingen. In dem genannten Experimente ist die Schwingung des polarisirten Strahles horizontal, die Theilchen können also ihre Bewegung durch das Gitter hindurch fortsetzen, wenn dessen Stäbe auch horizontal sind, dagegen nicht, wofern diese vertical sind.

Wenn man bei einem zweiten Versuche die spiegelnde Glastafel vertical stellt und den reflectirten Strahl untersucht, so findet man Helligkeit, wofern die Hauptaxe des Turmalins vertical ist, hingegen Verdunkelung, wenn dieselbe horizontal ist. Das Verhältnis zwischen der Polarisationsebene und der Stellung des Turmalins bei der Verdunkelung bleibt immer dasselbe.

Bei mehrfacher Wiederholung solcher Versuche findet man, dass beim Einfallen des Lichtes unter einem bestimmten Winkel das reflectirte Licht vom Turmalin bei geeigneter Stellung nicht blos verdunkelt, sondern total ausgelöscht wird. Der reflectirte Strahl ist jetzt vollständig polarisirt. Der zugehörige Einfallswinkel wird Polarisationswinkel genannt. Für gewöhnliches Glas beträgt derselbe 56°, für Wasser 53°. Nach dem von Brewster gefundenen Gesetze berechnet sich dieser Winkel p, wofern der Brechungsquotient des reflectirenden Mediums n bekannt ist, aus der Formel $\tan p = n$, woraus folgt, dass die vollständige Polarisation eintrifft, sobald der reflectirte und der gebrochene Strahl auf einander senkrecht sind. Doppeltbrechende Medien haben demnach zwei Polarisationswinkel.

Wenn man das Licht, welches von metallglänzenden Flächen wiederkehrt, mit dem Turmalin untersucht, so findet man kaum Spuren von der Verdunkelung. Die Körper mit Metallglanz verhalten sich also verschieden von den nichtmetallischen.

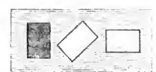
109. Das Licht wird nicht nur bei einer bestimmten Reflexion polarisirt, sondern auch bei einer bestimmten Art der Brechung. Hat man eine Glastafel gegen das einfallende Licht so gestellt, dass der reflectirte Strahl vollständig polarisirt ist, so gibt auch das gebrochene, durch das Glas kommende Licht bei der Untersuchung mit dem Turmalin einen Wechsel, und zwar gibt es Helligkeit, wenn die Hauptaxe des Turmalins zur Einfallsebene parallel ist, und Dunkelheit, wenn sie dazu senkrecht ist. Der durch Brechung polarisirte Strahl ist also um 90° anders polarisirt, wie der reflectirte. Dies übersetzt man sich in die früher gebrauchte Sprache, wie folgt: Wenn ein Lichtstrahl unter dem geeigneten Winkel auf einen glatten durchsichtigen Körper fällt, so theilen sich seine Schwingungen in solche, welche zur reflectirenden Ebene parallel sind und den reflectirten Strahl bilden, und in solche, welche in einer zur vorigen senkrechten Ebene stattfinden und den gebrochenen Strahl ausmachen.

Wenn statt einer einzigen Glasplatte eine Schichte von mehreren Platten, also ein Glassatz angewandt wird, so bedarf es weniger Sorgfalt, die passende Stellung zu treffen. Durch Probiren findet man rasch die Neigung gegen das einfallende Lichtbüschel, welche ein günstiges Resultat liefert, und hat in den durchfallenden Strahlen polarisirtes Licht.

Digitized by Google

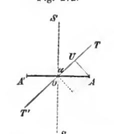
110. In dem früher beschriebenen Versuche wird vollkommen polarisirtes Licht, welches von einer horizontalen Glasplatte kommt, von einem Turmalin, dessen Hauptaxe vertical ist, ausgelöscht. Sobald man aber den Turmalin in derselben Ebene ein wenig dreht, so dass nnn seine Hauptaxe nicht mehr vertical ist, so fängt derselbe an, etwas heller zu werden, er lässt also etwas Licht hindurch. Die Helligkeit nimmt mit der Drehung zu, bis endlich bei der Horizontalstellung des Turmalins die grösste Helligkeit anftritt, Fig. 271.

Fig. 271.



Wie es kommt, dass der Turmalin, welcher nur solche Schwingungen durchlässt, die parallel zu seiner Hauptaxe gerichtet sind, doch auch demjenigen Lichte einen beschränkten Durchgang gestattet, welches schief gegen seine Hauptaxe schwingt, wird aus Folgendem erklärlich.

Fig. 272.



Ist in Fig. 272 TT' die Richtung dieser Hauptaxe und wird angenommen, dass die Schwingungen des polarisirten Lichtes horizontal stattfinden, nämlich zwischen A und A' durch O hindurch, so werden die Schwingungen wohl nicht in dieser Form durch den Turmalin gelangen können, wohl aber nach einer bestimmten Anpassung an diese Stellung der Turmalinplatte. Wie jede Bewegung kann anch die Schwingung zwischen O und A in zwei Componenten zerlegt gedacht werden. Fällt man von A aus eine Senkrechte anf TT' und ist deren Fnsspunkt U, so erscheint jetzt OA als Diagonale eines Kräfteparallelogrammes, und OU als die eine Componente, welche den Schwingungen parallel TT' entspricht, die also durchgelassen werden, während AU als die andere Componente zu betrachten ist, welche den zu TT' senkrechten Schwingungen entspricht und durch Absorption vernichtet wird. Die neue Schwingung OU ist kürzer als die ursprüngliche OA, dementsprechend ist die Helligkeit geringer. Das Verhältnis von OU zu OA ist aber wie $\sin \alpha : 1$.

Fig. 273.

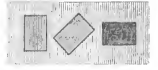
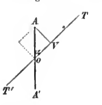


Fig. 274.



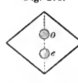
Das Licht, welches aus dem schief gestellten Turmalin kommt, schwingt demnach nicht mehr in der früheren Richtung, sondern seine Polarisationsebene ist geändert, das Licht ist umpolarisirt worden. Daraus ist zu ersehen, dass das polarisirte Licht durch Zerlegung in Componenten seine Schwingungsebene zu ändern vermag, wofern das neue Medinm nur bestimmte Schwingungen gestattet.

Digitized by Google

Benutzt man zu dem Versuche vollständig polarisirtes Licht, welches von einer verticalen Glasplatte kommt, so wird ein Turmalin, dessen Hauptaxe vertical ist, Helligkeit zeigen. Dreht man jetzt den Turmalin, so wird seine Helligkeit abnehmen und endlich Dunkelheit eintreten, sobald die Hauptaxe in horizontale Stellung kommt, Fig. 273. Die Erklärung ist ähnlich wie vorhin. Die beiden Componenten sind jetzt *OV*, welche den durchgehenden Schwingungen entspricht, und *AV*, welche jene Schwingungen repräsentirt, die verlöscht werden. *OV* und *OA* verhalten sich wie cos α : 1. Fig. 274.

111. Die beiden Strahlen, welche ein doppeltbrechender Körper liefert, sind vollständig polarisirt und zwar senkrecht gegen einander. Schiebt man, wie bei einem früheren Versuch **(99)**, zwischen das Auge und den Doppelspath ein durchbohrtes Papierblatt, so erblickt man zwei Strahlenbündel, *o* und *e*, Fig. 275. Werden dieselben mittels eines Turmalins geprüft, so wird der ordentliche Strahl *o* hell erscheinen, sobald die Hauptaxe des Turmalins zum Hauptschnitte des Doppelspathes senkrecht ist. Der ausserordentliche Strahl ist jetzt verlöscht. Wird nun der Turmalin gedreht, bis seine Hauptaxe zu jenem Hauptschnitt parallel ist, so erscheint der ausserordentliche Strahl hell, während der ordentliche verlöscht ist. Nach der früheren Ausdrucksweise wird man sagen, der ordentliche Strahl schwingt senkrecht zum Hauptschnitt, der ausserordentliche parallel zu demselben.

Fig. 275.



Wird eine Platte von Doppelspath, welche senkrecht zur Hauptaxe geschnitten ist, angewandt, so zeigt sich der einfache Strahl, welcher beim senkrechten Durchsehen beobachtet wird, nicht polarisirt, die beiden Strahlen aber, welche man beim schiefen Durchsehen erhält (vergl. Fig. 264), erweisen sich wiederum polarisirt, und zwar in dem Sinne, dass man sagen würde: der ordentliche Strahl schwingt senkrecht, der ausserordentliche schwingt parallel zu einer durch den Strahl und die Hauptaxe gelegten Ebene.

So wie die beiden Strahlen des Kalkspathes sind auch die Strahlen polarisirt, welche die übrigen Krystalle von wirteligem Baue liefern. Platten, die aus einem Krystall von einfacherem Baue genommen sind, liefern im allgemeinen zwei ausserordentliche Strahlen. Auch diese bestehen aus polarisirtem Lichte, und zwar ist wiederum der eine senkrecht gegen den andern polarisirt. Man hat daher auch in diesen Platten, wofern das Licht vertical einfällt, zwei bestimmte zu einander senkrechte Schwingungsrichtungen anzunehmen.

112. Polarisirtes Licht zeigt beim Durchgange durch einen Doppelspath zum Theile andere Erscheinungen als gewöhnliches Licht. Lässt man vollständig polarisirtes Licht, welches von einer horizontalen Glasplatte kommt, durch die Oeffnung eines Papierblattes gehen und bringt zwischen dieses und das Auge ein Spaltungsstück von Doppelspath, und zwar so, dass der Hauptschnitt vertical steht, so sieht man blos einen einzigen Strahl, es ist der ordentliche, Fig. 276.

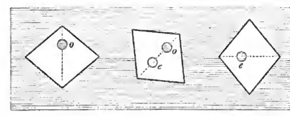
Digitized by Google

Das in den Doppelspath eintretende Licht schwingt horizontal, kann sich also hier nur als ordentlicher Strahl fortpflanzen, die zweite Art der Schwingung, nämlich die verticale, existirt nicht. Das polarisirte Licht wird demnach hier einfach gebrochen. Dreht man jetzt den Doppelspath um einen Winkel α, so taucht auch der ausserordentliche Strahl auf und nimmt bei fernerer Drehung an Helligkeit zu, während sich der ordentliche verdunkelt. Nach der Drehung um 45° haben beide gleiche Holligkeit. Bei fortgesetzter Drehung nimmt der ausserordentliche beständig an Helligkeit zu, bei 90° ist er allein sichtbar, der ordentliche ist verschwunden.

Das polarisirte Licht, welches in den in schiofer Stellung befindlichen Doppelspath gelangt, wird hier getheilt, wird hier doppelt gebrochen. Der Doppelspath, welcher blos Schwingungen parallel und senkrecht zum Haupt-



Fig. 276.



schnitte durchlässt, kann die schief gerichtete Schwingung nur so fortpflanzen, dass er dieselbe in zwei Componenten zerlegt, welche jene beiden Schwingungsarten besitzen. Geht man auf Fig. 272 zurück, so orkonnt man, dass der ordentliche Strahl nach der Drehung des Doppelspathes um den Winkel α die Componente *AU*, der ausserordentliche Strahl die Componento *OU* zugotheilt erhält, wolche beiden sich wie $\cos \alpha : \sin \alpha$ verhalten. Für $\alpha = 45^\circ$ sind also beide gleich, für $\alpha = 90^\circ$ verschwindet die erstere Componente. Ist also der Hauptschnitt horizontal, so geht das polarisirte Licht, dessen Schwingung horizontal ist, blos als aussorordontlicher Strahl hindurch, die Brechung ist jetzt wieder eine einfache.

Bei verticaler und bei horizontaler Stollung des Hauptschnittes herrscht also einfache, in allen Zwischenstellungen doppelte Brechung. Das entsprechende Resultat ergibt sich, wenn man polarisirtes Licht anwendet, das von einer verticalen Glasplatte kommt.

Liegen also dio Schwingungsrichtungen der Mineralplatte schief zu jenen des einfallonden polarisirten Lichtes, so ergibt sich doppelte, sonst aber einfache Brechung. Diese Regel befolgen alle doppelt brechenden Körper.

113. Wenn das Instrument, welches zur ersten Erkennung des polarisirten Lichtes dienlich war, nämlich die gefärbte Turmalinplatte für sich betrachtet wird, so erscheint diesolbe als ein Medium, welches blos Schwingungen parallel der Hauptaxe hindurchlässt, also einen ausserordentlichen Strahl gibt. Der Tur-

Digitized by Google

malin ist demnach ein doppelt brechender Körper, welcher den ordentlichen Strahl vernichtet und blos den ausserordentlichen durchlässt. Dieser ist aber polarisirt. Die Turmalinplatte bietet also ein einfaches Mittel, polarisirtes Licht zu erhalten. Bei den Versuchen, welche Farbenerscheinungen veranlassen, würde es aber als eine unangenehme Beigabe des polarisirten Lichtes erscheinen, dass dasselbe schon selbst gefärbt ist. Man kann aber leicht ungefärbtes polarisirtes Licht erhalten, wenn man einen der beiden Lichtstrahlen, welche der farblose Doppelspath liefert, für sich auffängt.

Das Instrument, welches dieses gestattet, ist das Nicol'sche Prisma. Dasselbe ist aus einem länglichen Spaltungsstück von Doppelspath so angefertigt, dass anstatt des Flächenpaares CH, Fig. 277, welches die kleinsten Flächen bildet, in der Zone $R:OR$ ein neues Flächenpaar angeschliffen wird, welches gegen die Hauptaxe um 3° weniger steil geneigt ist, und dass hierauf das Spaltungsstück nach einer in derselben Zone liegenden, auf dem vorigen Paar senkrechten Fläche durchschnitten wird. Die beiden so erhaltenen Stücke werden mittels Canadabalsam wieder zusammengekittet. Dieser Einrichtung zufolge wird ein Lichtstrahl L, welcher in das Prisma, Fig. 278, eintritt, in zwei Strahlen zerlegt, wovon der eine, der ordinäre o unter dem Winkel der totalen Reflexion auf die Balsamschichte trifft und von da zur Seite reflectirt wird, wo ihn die geschwärzten Flächen absorbiren, während der ausserordentliche Strahl e in der Richtung LE durch das Prisma geht.

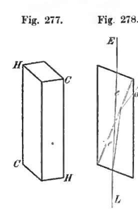


Fig. 277. Fig. 278.

Das Nicol'sche Prisma liefert also, gerade wie der Turmalin, blos den ausserordentlichen Strahl, es liefert polarisirtes Licht, dessen Schwingungen parallel der kürzeren Diagonale des Prisma stattfinden. Diese ist aber einem Hauptschnitt des dazu benutzten Calcitindividuums $CHCH$ parallel. Wenn daher vom Nicolhauptschnitt gesprochen wird, so ist immer jene durch die kürzere Diagonale und längs des Nicols gelegte Ebene zu verstehen.

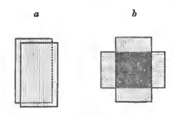
Literatur. Ueber die Anwendung des polarisirten Lichtes bei der Untersuchung der Krystalle, sowie über die Krystalloptik überhaupt kann man sich des Genaueren in folgenden Werken unterrichten: Brewster, Treatise on optics, London 1832, deutsch von Hartmann, Quedlinburg 1835. Beer, Einleitung in die höhere Optik, 2. Aufl., bearb. von V. v. Lang, Braunschweig 1882. Dove, Darstellung der Farbenlehre und optische Studien, Berlin 1853. Grailich, Krystallographisch-optische Untersuchungen, Wien 1858. Descloizeaux, Mémoire sur l'emploi du microscope polarisant etc., Paris 1864. Schrauf, Lehrbuch der physikal. Mineralogie, 2. Bd., Wien 1868. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der petrograph. wichtigsten Mineralien, Stuttgart 1873. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, 2. Bd, Leipzig 1875. Groth, Physikalische Krystallographie, Leipzig 1876. Mallard, Traité de Cristallographie, Paris 1884, 2. Bd.

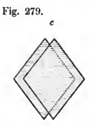
Digitized by Google

Ueber Apparate und Beobachtungsmethoden ausserdem: V. v. Lang, Sitzungsber. d. W. Akad. Bd. 55 (1867), Carl, Repertorium f. physikal. Technik, Bd. 3, pag. 201. Groth, Pogg. Ann., Bd. 154, pag. 34 (1871). Ueb. Nicol. Prismen: Feussner, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Bd. 4, pag. 42.

114. Orthoskop. Für Untersuchungen im polarisirten Lichte können Vorrichtungen mit zwei Turmalinplatten oder mit zwei Nicol'schen Prismen dienen.

Fig. 279.

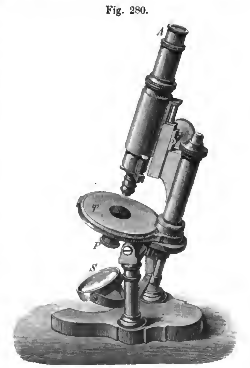






Der erstere Apparat, welcher blos aus zwei parallelen Turmalinplatten und einer Fassung besteht, wird Turmalinzange genannt. Er eignet sich aus dem früher angegebenen Grunde blos zu rohen Versuchen und wird daher wenig mehr angewendet. Dagegen werden Instrumente, welche im Wesentlichen aus zwei Nicols zusammengesetzt sind, gegenwärtig in verschiedenen Formen allgemein von den Mineralogen für optische Untersuchungen benutzt.

Fig. 280.



Stellt man die beiden Platten der Turmalinzange mit den Hauptaxen parallel, Fig. *a*, und blickt durch dieselben gegen eine Lichtquelle, so wird man Helligkeit wahrnehmen, denn der aus der ersten Platte austretende Strahl schwingt parallel zur Hauptaxe und kann diese Schwingungsart auch in der 2. Platte ungestört fortsetzen. Dreht man jetzt die eine Platte gegen die andere, so wird das Gesichtsfeld, soweit sich die Turmaline bedecken, allmälig dunkler und bei einer Drehung von 90° werden die nunmehr gekreuzten Turmaline Dunkelheit geben, Fig. *b*. Das polarisirte Licht,

Digitized by Google

welches die erste Platte verlässt, hat jetzt eine Schwingung, welche zur Hauptaxe der zweiten Platte senkrecht ist, also absorbirt wird.

Entsprechend verhalten sich parallele, Fig. *c*, und gekreuzte Nicols, Fig. *d*. Die letzteren geben ein dunkles Gesichtsfeld, weil der polarisirte Strahl, welcher den ersten Nicol verlässt, in den zweiten mit einer solchen Schwingung eintritt, welche dem dortigen ordentlichen Strahl entspricht, wonach er seitlich reflectirt und vernichtet wird. Gekreuzte Turmaline und gekreuzte Nicols verhalten sich wesentlich gleich, es wird also genügen, weiter von den Nicols allein zu sprechen.

Der eine Nicol, welcher das gewöhnliche Licht in polarisirtes verwandelt, heisst Polarisator, der zweite, welcher zur weiteren Prüfung der im polarisirten Lichte auftretenden Erscheinungen dient, Analysator. Um auch kleine Plättchen von Mineralen prüfen zu können, setzt man die Nicols mit einem Mikroskop in Verbindung. Der Polarisator wird unter dem Tisch des Mikroskops angebracht, der Analysator über dem Ocular. In einem solchen Instrumente, Fig. 280, gelangt das gewöhnliche Tageslicht nach der Reflexion am Spiegel *S* in parallelen Strahlen durch den Polarisator *P* in die Mineralplatte. Weil in diesem Instrumente paralleles polarisirtes Licht in senkrechter Richtung durch die zu püfende Platte geht, wird dasselbe hier als Orthoskop bezeichnet, wonach die Untersuchung im parallelen polarisirten Lichte orthoskopische Prüfung genannt wird [1]).

Um die Platte des doppelt brechenden Minerals in verschiedene Lagen gegen die Polarisationsebene bringen zu können, hat man an dem Instrumente einen drehbaren Tisch *T*, welcher mit einer Gradeintheilung versehen ist.

115. Erkennung der Doppelbrechung. Die erste wichtige Anwendung des Orthoskopes ist die Unterscheidung der einfach brechenden und der doppelt brechenden Minerale.

Wird der Apparat auf Dunkel gestellt und wird auf den Tisch des Instrumentes eine Mineralplatte gelegt, so befindet sich dieselbe zwischen gekreuzten Nicols Gehört die Platte einem einfach brechenden, also einem tesseralen oder einem amorphen Mineral an, so wird der polarisirte Strahl in der Platte ebenso wenig eine Aenderung erfahren, wie in der Luft, folglich wird das Gesichtsfeld dunkel bleiben, auch die Drehung der Platte wird keine Aenderung hervorbringen. Gehört jedoch die Platte einem doppelt brechenden Mineral an, so wird dieselbe bei der Drehung mittels des Tisches abwechselnd hell und dunkel erscheinen. Eine Ausnahme von letzterem Verhalten machen nur jene Platten, welche senkrecht zu einer optischen Axe geschnitten sind Sie geben Dunkelheit, weil der durchgehende Strahl nur einfache Brechung erfährt.

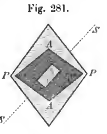
---

[1]) Man hat früher das mit Nicols versehene Mikroskop als „Mikroskop mit Polarisation" bezeichnet, ferner den Namen Polarisationsmikroskop auf ein später zu besprechendes Instrument angewandt. Es wurde aber mehrfach der Wunsch ausgesprochen, zwei besser unterscheidbare kurze Namen zu besitzen, daher der Autor die Worte Orthoskop und Konoskop in Vorschlag bringt

Digitized by Google

Die Aufhellung der doppelt brechenden Platte wird immer eintreten, wenn die Schwingungsebenen der beiden Strahlen gegen die Nicolhauptschnitte schief liegen. In diesem Falle, Fig. 281, wird der aus dem Polarisator kommende Strahl, welcher parallel *PP* schwingt, in der Mineralplatte, deren Schwingungsebenen parallel und senkrecht zu *SS* sind, in zwei Strahlen zerlegt, welche parallel und senkrecht zu *SS* schwingen. Beide gelangen an den Analysator, welcher diese Schwingungen, welche schief gegen seinen Hauptschnitt *AA* erfolgen, in dieser Form nicht hindurch lässt, wohl aber jene Componenten, welche zu *AA* parallel sind, während er die anderen Componenten vernichtet. Dadurch wird Helligkeit erzeugt.

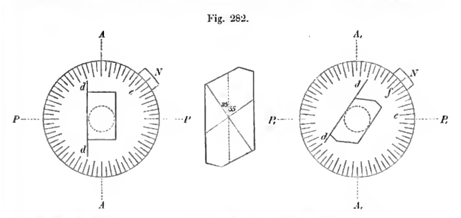
Fig. 281.



Die Dunkelheit wird bei der Drehung der Platte dann eintreten, sobald die Schwingungsebenen des Minerals zu den beiden Nicolhauptschnitten parallel sind. Das vom Polarisator kommende, parallel *PP* schwingende Licht findet jetzt die Platte in der Stellung, in welcher sie dieser Schwingung ungestörten Durchgang gestattet, worauf dieselbe an den Analysator gelangt und darin ausgelöscht wird.

116. Auslöschungsrichtungen. Aus der Dunkelstellung zwischen gekreuzten Nicols kann man die Lage der Schwingungsrichtungen in der doppelt brechenden Platte erkennen, weil in diesem Augenblicke die Schwingungsebenen

Fig. 282.



in der Mineralplatte mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen. Die Schwingungsrichtungen werden daher auch Auslöschungsrichtungen genannt.

Eine sehr häufig vorkommende Aufgabe ist nun die Bestimmung des Winkels, welchen die Auslöschungsrichtungen auf einer Krystallfläche oder Schnittfläche mit einer sichtbaren Kante bilden. Sie wird in folgender Weise ausgeführt: Man nimmt zuerst einen Krystall, der optisch bekannt ist, z. B. ein Prisma ∞R von Kalkspath oder ein Säulchen von Baryt etc. und wählt eine Kante desselben aus, welche zu einer Auslöschungsrichtung parallel ist. Dieser Krystall wird auf

dem Tische T des Orthoskopes so aufgeklebt, dass jene Kante mit der daselbst eingerissenen Linie $d\,d$ genau übereinstimmt. Nun wird durch Drehen des Tisches jene Stellung aufgesucht, welche Dunkelheit gibt, und wird an der fixen Marke N der dort befindliche Theilstrich e der Gradeintheilung abgelesen. Dieser Theilstrich gibt also die Stellung des Tisches an für den Fall, als die Nicolhauptschnitte PP und AA parallel und senkrecht zu der Linie dd sind. Nun wird an Stelle des bekannten Krystalls die zu untersuchende Krystallplatte mit einer ausgewählten Kante an dd geklebt und hierauf der Tisch bis zur Dunkelstellung gedreht, endlich bei der fixen Marke der jetzt daselbst befindliche Theilstrich f abgelesen. Die Auslöschungsrichtungen sind in diesem Falle, welchen die zweite Figur angibt, schief zu der Kante, welche an dd liegt, und zwar entspricht der Bogen ef dem Winkel, welchen die eine Auslöschungsrichtung mit jener Kante bildet. Die zweite Auslöschungsrichtung ist, wie bekannt, senkrecht zur vorigen. Ist der Bogen $ef = 35^\circ$, so bildet, wie die mittlere Figur angibt, die eine Auslöschungsrichtung mit der betrachteten Kante 35° und die andere 55°. Das hier beschriebene Verfahren kann in mannigfacher Weise modificirt werden, worüber noch später Angaben folgen.

Ist die Kante dd einer Krystallaxe parallel, so ist der spitze Winkel ef die *Auslöschungsschiefe* auf der gegebenen Krystallfläche. Zeigt sich keine solche Schiefe, sondern sind die Auslöschungen, so wie in dem bekannten Krystall parallel und senkrecht zu einer Axenkante, so ist die Anslöschnng eine *gerade*.

Die Lage der Auslöschungsrichtungen auf Krystallflächen folgt dem Grundsatze, dass die einer Fläche zukommende Symmetrie niemals durch die Auslöschungsrichtungen gestört wird. Demzufolge gibt die Linie, in welcher eine Krystallfläche von dem dazu senkrechten Hauptschnitte getroffen wird, also die Symmetrielinie der Krystallfläche (16) immer eine Auslöschungsrichtung an.

Im hexagonalen und im tetragonalen System zeigen demnach alle Prismenflächen gerade Auslöschung, die Flächen der hexagonalen und tetragonalen Pyramide haben die eine Anslöschung parallel zur horizontalen Kante, die Flächen der Rhomboëder haben die Auslöschungen parallel den Diagonalen. Im rhombischen Systeme bieten die Prismen- und Endflächen gerade Auslöschung, ebenso im monoklinen Systeme die Querprismen, die Quer- und Endfläche, während die Längsfläche schiefe Auslöschung zeigt. Im triklinen Systeme gibt es keine Fläche mit gerader Auslöschung.

Fig. 283.

Wenn es sich darum handelt, die Auslöschungsrichtungen auf einer beliebigen Krystallfläche oder Schnittfläche specieller anzugeben, so benützt man folgende Regel: Man legt durch die Flächennormale und die beiden optischen Axen zwei Ebenen und halbirt den Winkel, welchen sie bilden, durch eine dritte Ebene. Diese ist eine Schwingungsebene. Ist also p der Durchschnitt der Flächennormale mit der Kugel, Fig. 283, und sind u und u' die Durchschnittspunkte der

Digitized by Google

beiden optischen Axen mit derselben Kugelfläche, so schneiden die hiedurch gelegten Ebenen die Kugel in zwei grössten Kreisen. Wird nun der Winkel *upu'* halbirt, ebenso der anliegende stumpfe Winkel, so hat man die beiden Hauptschwingungsebenen *gg* und *hh*, welche auf der Fläche *p* die beiden Auslöschungsrichtungen angeben.

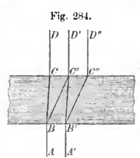
Bei den optisch einaxigen Krystallen (Axenwinkel = 0) gibt dieses Verfahren die schon bekannte Regel, dass die eine Auslöschungsrichtung stets in der durch die Hauptaxe und die Flächennormale gehenden Ebene liegt.

In triklinen und in monoklinen Krystallen sind die Auslöschungsrichtungen für verschiedene Farben etwas verschieden. Bei genauen Untersuchungen muss man daher die Auslöschung für jede Farbe besonders bestimmen.

117. Erscheinungen dünner Platten. Bei der Beobachtung im Orthoskope zeigen dünne Platten doppelt brechender Körper in den entsprechenden Lagen Dunkelheit und Helligkeit, im letzteren Falle aber schöne Farben, welche mit denjenigen übereinstimmen, welche schon früher bei den Erscheinungen der Interferenz angeführt wurden. Ist die Krystallplatte gleichförmig dick, so zeigt sie eine einzige Farbe, ist sie keilförmig, so folgen der Dicke entsprechend mehrere Farben in Uebergängen auf einander. Ist die Platte treppenartig und ungleich dick, wie es bei Spaltblättchen vorkommt, so treten die verschiedenen Farben unvermittelt neben einander auf. Die Platte muss, wenn sie Farben zeigen soll, umso dünner sein, je stärker die Doppelbrechung in der Richtung des durchgehenden Lichtes, also je mehr die beiden Brechungsquotienten von einander abweichen.

Die hier genannten Farben sind eine Interferenzerscheinung. Die vom Polarisator kommenden Lichtstrahlen werden in der Mineralplatte in je zwei Strahlen verschiedener Brechung gespalten. Der Strahl *A B* zerlegt sich in die Strahlen *B C D* und *B C' D'*, Fig. 284, ein zweiter *A' B'* in die beiden *B' C' D'* und *B' C'' D''*. Zu jedem Strahl *A B* wird nun ein zweiter sich so verhalten, dass der stärker gebrochene Antheil *BC'* des einen mit dem schwächer gebrochenen *B' C'* des andern zuletzt gleichen Lauf hat, während sie einen Gangunterschied aufweisen, denn *B C'* ist länger als B' C', auch sind die Brechungsquotienten, also die Geschwindigkeiten verschieden. Bei dem Austritte aus der Mineralplatte haben aber die beiden gleichlaufenden Strahlen Schwingungen, welche zu einander senkrecht sind, sie können daher noch nicht interferiren. Werden jetzt durch den Analysator die Schwingungen beider auf dieselbe Ebene gebracht, so vollzieht sich hier eine Interferenz, welche bei Anwendung weissen Lichtes eine Farbe ergibt. Diese ist wie bei der Interferenz im gewöhnlichen Lichte von der Dicke der Platte abhängig, zugleich aber auch von der Lage derselben zu den optischen Axen.

Fig. 284.



Dünne Platten von Gyps und Glimmer, dickere von Quarz zeigen die Farben sehr schön. Oft werden derlei Platten in das Orthoskop eingeschaltet, um, anstatt die Beobachtung der Auslöschungsrichtungen mit Hell und Dunkel auszuführen, bestimmte Farbentöne zum Anhaltspunkte zu gewinnen

Eine häufige Anwendung der Methode dünner Platten findet bei der Prüfung von Zwillingsbildungen statt, wovon später noch ausführlicher gesprochen wird. Aber auch jede andere Aggregation durchsichtiger doppeltbrechender Individuen lässt sich im polarisirten Lichte stets mit Leichtigkeit wahrnehmen. Ueberhaupt dienen die prächtigen Farben, welche die Durchschnitte vieler Minerale in den Gesteinsdünnschliffen zeigen, zugleich mit der Beobachtung der Auslöschungsrichtung sehr häufig zur genaueren Bestimmung. Die schwächer doppeltbrechenden, wie Quarz und Feldspath, geben nämlich Farben, während stark doppeltbrechende, wie Kalkspath, bei gleicher Dicke keine geben.

Ueb. d. Prüfung d. Kryst. in Dünnschliffen: Autor, Sitzungsber. d. Wiener Ak., Bd. 59. Mai 1869. Rosenbusch, Mikrosk. Physiographie 1873.

118. Interferenzfiguren. Man kann die Erscheinnngen im polarisirten Lichte bedeutend verändern, wenn man statt des einfallenden parallelen Lichtes convergentes Licht in die zu untersuchende Platte gelangen lässt. Bei der Beobachtung mit der Turmalinzange geschieht es in der Weise, dass man die letztere nach Einschiebung der Platte nahe an das Auge bringt. Dieses empfängt jetzt schief einfallende Strahlen, es beobachtet im Lichtkegel.

Einen praktischen Apparat, in welchem der Lichtkegel durch stark convexe Linsen hervorgebracht wird, hat zuerst Nörremberg angegeben. Derselbe ist seither durch Anwendung der Nicol'schen Prismen modificirt und auch sonst umgestaltet worden. Derselbe soll hier als Konoskop angeführt werden. S. Fig. 285. Die Untersuchung im convergenten polarisirten Lichte bezeichnet sich demnach als konoskopische Prüfung [1]).

Die von dem Spiegel S in das Instrument eintretenden Strahlen gelangen durch eine Linse in den Polarisator P und werden hierauf durch ein Linsensystem, besonders aber durch eine halbkugelige Linse convergent gemacht, worauf sie durch die zu prüfende Platte M, ferner durch eine zweite halbkugelige Linse und ein ferneres Linsensystem in den Analysator A sich fortpflanzen. Das Stück T ist drehbar und am Rande mit einer Gradeintheilung versehen. Der obere Theil H kann durch den Trieb bei K auf- und abgeschoben werden, so dass die Platte M zuerst mit freier Hand zurecht gelegt werden kann, worauf sie, nachdem H gesenkt worden, knapp zwischen den beiden halbkugeligen Linsen zu liegen kommt [2]). Ist die Platte aus einem optisch einaxigen Individuum senk-

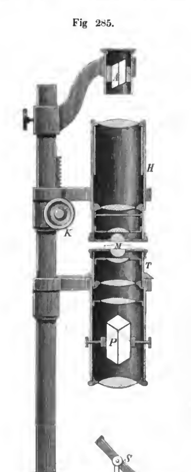
[1]) Der Apparat wurde früher als Polarisationsmikroskop oder als Polarisationsinstrument bezeichnet.

[2]) Man kann das früher genannte Orthoskop sogleich in ein Konoskop verwandeln, wenn man in dem Tisch desselben ein System von Linsen anbringt (einen Condensor einschiebt) und das Ocular wegnimmt. Man kann demnach mit demselben Instrumente abwechselnd mikroskopisch, orthoskopisch und konoskopisch beobachten, was namentlich die Gesteinsuntersuchnngen sehr erleichtert. Vide Lasaulx. Jahrb. f. Min. 1878, pag. 377.

Digitized by Google

recht zur optischen Axe geschnitten, so erscheint nach dem Zusammenschieben des Instrumentes eine Interferenzfigur aus einem schwarzen Kreuz und concentrischen farbigen Ringen bestehend; Taf. I, Fig. *A*. Die Balken des Kreuzes sind den beiden Nicolhauptschnitten parallel, also senkrecht zu einander. Stellt man die beiden Nicols zu einander parallel, so ist die Erscheinung verändert und es ergibt sich die zur vorigen complementäre Fig. *B*. Statt des schwarzen Kreuzes bemerkt man ein helles. Farbenringe sind vorhanden, jedoch in complementärer Lage und Färbung.

Fig 285.



Wird in das Instrument mit gekreuzten Nicols eine Platte geschoben, welche aus einem optisch zweiaxigen Körper, z. B. einem Aragonitkrystall, so geschnitten ist, dass die Schnittfläche zur Halbirungslinie des spitzen Winkels der optischen Axen senkrecht ist, so erscheint die Fig. *E*, wofern die Ebene der optischen Axen mit einem der beiden Nicolhauptschnitte parallel ist. Man sieht ein schwarzes Kreuz, dessen Arme wiederum den beiden Nicolhauptschnitten parallel sind; jedoch ist der eine merklich breiter, der andere schmäler. An letzterem liegen symmetrisch zum vorigen zwei Systeme von Farbenringen, deren Mittelpunkte den optischen Axen entsprechen. Bringt man die Platte durch Drehung des Tisches *T* aus der vorigen Lage, so trennt sich das Kreuz und bildet zwei gekrümmte Schweife. Sobald aber die Ebene der optischen Axen mit den beiden Nicolhauptschnitten einen Winkel von 45° bildet, also eine Diagonalstellung einnimmt, ergibt sich die Fig. *F*, in welcher zwei dunkle Hyperbeln die Ringsysteme durchschneiden und die Ringe sich zum Theil in der Mitte des Gesichtsfeldes vereinigen, wodurch lemniscatenähnliche Figuren entstehen. Bringt man die Aragonitplatte wiederum in die Normalstellung, dreht aber jetzt den einen Nicol bis zur Parallelstellung mit dem anderen, so ergibt sich anstatt der früher erhaltenen Figur *E* die dazu complementäre.

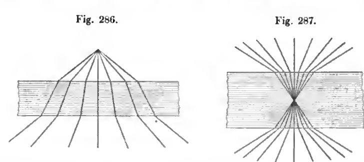
Wenn der Winkel der optischen Axen sehr gross ist, so erscheinen die beiden Ringsysteme nicht im Gesichtsfelde, sondern es zeigt sich dort blos der

Digitized by Google

mittlere Theil der Figur *E* oder *F*. Wenn hingegen der Winkel der optischen Axen klein ist, wie im Glauberit, so zeigt sich im mittleren Theile der erhaltenen Figur nichts von einem farbigen Ringe, weil die beiden Ringsysteme sich aussen zu elliptischen Formen vereinigen. In der Normalstellung gibt also der Glauberit die Figur *C*, welche sich dem Bilde nähert, das ein optisch einaxiger Körper liefert. In der Diagonalstellung aber zeigt er die Erscheinung in Figur *D*, welche durch die Trennung der beiden Hyperbeln die Existenz zweier optischer Axen anzeigt. Aus Individuen mit grossem Axenwinkel können Platten senkrecht gegen eine optische Axe geschnitten werden, welche blos ein einziges Ringsystem mit einem dunklen Schweif zeigen, die Form entspricht aber ganz den Figuren *E* und *F*.

Um die Entstehung aller dieser Figuren zu begreifen, kann man zuerst die Farbenringe, welche die optisch einaxige Platte liefert, berücksichtigen. Das von

Fig. 286. Fig. 287.



der unteren halbkugelförmigen Linse des Instrumentes kommende polarisirte Licht bildet in der Mineralplatte einen Doppelkegel, Fig. 287, und in dem einfacheren Falle, wie z. B. in der Turmalinzange, bildet das Licht einen einfachen Kegel, Fig. 286, daher die meisten Strahlen schief einfallen, in der Platte doppelt gebrochen und umpolarisirt werden. Demzufolge ist hier, wie bei der Anwendung parallelen Lichtes **(117)**, eine Farbenerscheinung durch Interferenz zu erwarten. Den einfallenden Lichtkegel kann man sich aus ungemein vielen Kegelmänteln zusammengesetzt denken, welche alle dieselbe Höhe, aber verschiedene Weite haben. Die Strahlen desselben Kegelmantels haben gleiche Neigung gegen die optische Axe des Minerals, geben also bei der Interferenz dieselbe Farbe. Die Strahlen des folgenden inneren Kegels fallen schon steiler auf die Platte, haben in derselben einen kürzeren Weg zurückzulegen und liefern demgemäss eine andere Farbe u. s. f. In einer optisch einaxigen Platte müssen daher Farben entstehen, welche um die Hauptaxe ringförmig angeordnet und von derselben Art sind, wie die mittels des Newton'schen Glases erzeugten Interferenzringe **(106)**. Eine optisch zweiaxige Platte, welche senkrecht gegen eine der beiden Axen geschnitten ist, gibt aus demselben Grunde wie die vorige ein Ringsystem. Eine Platte hingegen, welche, wie die früher bezeichneten Platten von Aragonit und Glauberit, gegen beide optische Axen gleich schief geneigt ist, wird eine etwas andere Betrachtung erfordern. Unter den Strahlen des Lichtkegels, welche

Digitized by Google

sehr verschiedene Neigungen haben, wird es solche geben, welche der einen und der anderen optischen Axe parallel sind, aber auch solche, die rings um eine und dieselbe Axe gleich geneigt sind. Diese werden bei dem früher geschilderten Vorgange je einen Ring von gleicher Farbe geben, der aber jetzt etwas verzerrt erscheinen muss, und ebenso werden noch fernere concentrische Farbenringe entstehen.

Um nunmehr die Auslöschungen in der einaxigen Platte zu verfolgen, wird man wiederum zuerst einen einzigen Kegelmantel des einfallenden Lichtes ins Auge fassen. Bestünde derselbe aus gewöhnlichem Lichte, so würden beim Eintritte in die Platte alle Strahlen doppelt gebrochen, so dass daraus zwei Kegelmäntel entstünden, die auf der Platte zwei concentrische Kreise geben. Bei einem negativen Mineral, wie Calcit, bestünde der äussere Kreis durchwegs aus ordi-

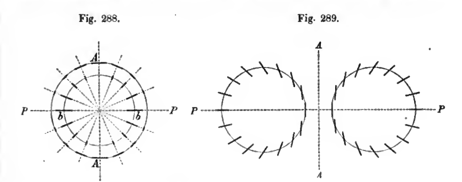


Fig. 288. Fig. 289.

nären Strahlen, deren Schwingungen tangential, der innere aber aus extraordinären Strahlen, deren Schwingungen radial wären. Da jedoch das einfallende Licht polarisirt ist, so wird, wenn dessen Schwingungsrichtung parallel *PP* ist, Fig 288, ein bei *A* eintretender Strahl ungetheilt als ordinärer Strahl durchgehen, während die folgenden Strahlen des Mantels gespalten und umpolarisirt werden, so dass jeder einen ordinären und einen extraordinären Strahl bildet. An der Stelle *b* jedoch wird der eintretende Strahl wieder ungetheilt, und zwar als ausserordentlicher Strahl durchgehen. Die zerlegten Strahlen kommen im Analysator zur Interferenz und liefern Ringe, die einfachen bei *A* und *b* werden ausgelöscht. So entstehen in jedem Kegelmantel vier dunkle Stellen, in allen Mänteln zusammengenommen entsteht das dunkle Kreuz.

Bei der zweiaxigen Platte sind ebenfalls die Strahlen zu betrachten, welche um jede Axe herum gleich geneigt sind, also auf der Platte zwei ovale Ringe ergeben, Fig. 289. Wird für einzelne Punkte jedes Ringes je eine Schwingungsrichtung in blos beiläufiger, aber für den vorliegenden Zweck ausreichender Weise bestimmt, indem Linien nach jeder Axe gezogen und die entstandenen Winkel halbirt werden **(116)**, so erhält man die in der Figur dicker ausgezogenen Striche; senkrecht zu denselben wäre immer die zweite Schwingungsrichtung hinzuzudenken. Ist nun wieder die Schwingung des einfallenden polarisirten Lichtes

Digitized by Google

parallel PP, so werden die Stellen auf der Linie PP Dunkelheit geben, nicht aber die übrigen Stellen der Ringe. Alle um die Axen gedachten concentrischen Ringe haben sonach zwei dunkle Stellen, wodurch der horizontale Balken der Fig. *C* und *E* auf Taf. I entsteht. Prüft man ferner die Schwingungsrichtungen auf der punktirten Linie AA in Fig. 289, so erkennt man, dass alle Punkte derselben Dunkelheit geben, woraus der verticale Balken in den Figuren *D* und *F* entsteht. Es ist nun auch leicht, die Form der dunklen Hyperbeln abzuleiten, welche bei der Diagonalstellung entstehen, ebenso die übrigen abgebildeten Erscheinungen.

119. Dispersion der Axen. An dem Axenbilde der optisch zweiaxigen Körper, wie es im Konoskop erscheint, bemerkt man oft Farbenvertheilungen, welche an die Farbenzerstreuung der Prismen erinnern, und welche oft als Dispersion der Axen bezeichnet werden. Man erkennt dieselben besonders deutlich an dem Saume der dunklen Hyperbeln und an den ersten Farben-

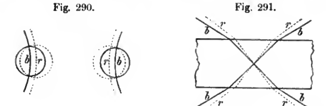


Fig. 290. Fig. 291.

ringen. So erscheinen in Fig. *F* auf Taf. I die Hyperbeln dort, wo sie die Axenpunkte durchsetzen, gegen die Mitte des Gesichtsfeldes blau, nach aussen roth gesäumt. Das Blau ist also gegen die Mitte des Gesichtsfeldes oder Axenbildes geschoben, das Roth aber nach aussen hin gerückt. Dementsprechend sind auch an der Innenseite der ersten Ringe sowohl in der Normalstellung *E* als in der Diagonalstellung *F* die Farben verschoben, und zwar ist in beiden Fällen das Roth in dem gegen die Mitte der Figur gewendeten Theile des Ringes stärker entwickelt.

Um den Grund der Verschiebung einzusehen, hat man sich zuerst daran zu erinnern, dass die Erscheinung im gewöhnlichen weissen Lichte auftritt, welches alle Lichtarten enthält. Wendet man monochromatisches, z. B. rothes Licht an, so erhält man schwarze Hyperbeln und blos schwarze Ringe. (Punktirte Linien in beistehender Fig. 290.) Wendet man sodann monochromatisches blaues Licht an, so erhält man wiederum schwarze Hyperbeln und schwarze Ringe, aber nicht mehr genau an derselben Stelle, wie vorhin im rothen Lichte, sondern um etwas verschoben. (Ausgezogene Linien der Figur.) Die Axenpunkte, für roth *r* und für blau *b*, liegen demnach an verschiedenen Stellen.

Bei Anwendung von Tageslicht wird nun dort, wo die punktirten Linien angegeben sind, rothes Licht vernichtet, die übrigen Lichtarten aber bleiben erhalten und geben ein complementäres Blau. An der Stelle, wo die ausgezogenen Linien liegen, wird nun blaues Licht vernichtet, die übrigen Lichtarten liefern ein complementäres Roth. Die an den Hyperbeln und am ersten Ring verschoben

Digitized by Google

auftretenden Farben sind also gleichsam verkehrt zu deuten. Wo roth erscheint, dort ist eigentlich die Hyperbel und der Ring für blau, wo blau erscheint, dort ist eigentlich die Hyperbel und der Ring für roth.

Wo die Hyperbel auch im Tageslichte grau ist, dort werden alle Lichtarten vernichtet.

Genau genommen hat also jede Lichtart ihren besonderen Ring und ihre besondere Hyperbel, also ihr besonderes Axenbild. Weil aber die Hyperbeln etwas breiter sind, so fallen diese zum Theil über einander. Da jede Farbe ihr Axenbild an einer anderen Stelle hat, so wird im Allgemeinen auch die Distanz zwischen den Mittelpunkten beider Axenbilder und somit der Axenwinkel für jede Farbe ein anderer sein. Fig. 291. In dem vorigen Beispiele ist der Axenwinkel für roth kleiner als für violett, was man durch $\rho < \upsilon$ ausdrückt. Man erkennt dieses daran, dass die Hyperbeln gegen aussen roth gesäumt und die ersten Ringe innen gegen die Mitte des Axenbildes roth gefärbt sind. Wenn hingegen die Ringe innen nach jener Seite hin blau gefärbt sind und ebenso die Hyperbeln nach aussen blau gesäumt sind, wie in Fig. *A* und *B* auf Taf. II, so wird man schliessen, dass der Axenwinkel für roth grösser sei als für blau, was durch $\rho > \upsilon$ ausgedrückt wird.

Was nun weiter die Vertheilung der Farben in dem ganzen Bilde betrifft, so kann dieselbe symmetrisch oder unsymmetrisch sein und zwar herrscht auch hier das Gesetz, dass die Anordnung der Farben dem Charakter der Flächen entspricht, zu welchen die untersuchte Platte parallel ist. Da in dem rhombischen, monoklinen und triklinen Systeme nur disymmetrische, monosymmetrische und asymmetrische Flächen möglich sind, so wird die Dispersion im ganzen Bilde entweder disymmetrisch, monosymmetrisch oder asymmetrisch sein.

Die Aragonitplatte (rhombisch), welche die Bilder *E* und *F* auf Taf. I gibt, ist einer Endfläche parallel, also disymmetrisch. Zieht man in den genannten Bildern eine Linie durch die Axenpunkte, eine zweite senkrecht zur vorigen durch die Mitte des Bildes, so sind dieselben Symmetrielinien. Beide Bilder sind disymmetrisch.

Eine Platte von Gyps (monoklin), welche die Bilder *C* und *D* auf Taf. II liefert, ist senkrecht gegen die Symmetrieebene geschnitten. Dementsprechend ist das Farbenbild monosymmetrisch, die Symmetrielinie geht durch beide Axenpunkte. Diese Art der Dispersion nennt Descloizeaux geneigte Dispersion.

Der Adular (monoklin) liefert die Bilder *A* und *B* auf Taf. II. Die Platte ist senkrecht zur Symmetrieebene, die Dispersion dementsprechend monosymmetrisch. Die Symmetrielinie ist aber senkrecht zur Verbindungslinie der Axenpunkte. Descloizeaux nennt diese Art der Dispersion die horizontale.

Die asymmetrische Dispersion ist ebenfalls von zweierlei Art. Eine Platte von Borax (monoklin), welche der Symmetrieebene parallel ist, hat einen antimetrischen Charakter (pag. 50, Anmerkung). Sie gibt die Bilder *E* und *F* auf Taf. II, deren Farbenvertheilung antimetrisch ist. Diese Art der Dispersion wird von Descloizeaux die gedrehte genannt.

Der Oligoklas (triklin) liefert die Bilder *G* nnd *H* auf Taf. II, welche eine asymmetrische Dispersion zeigen.

Eine besondere Art der Dispersion entsteht dadurch, dass die Axenebene nicht für alle Farben dieselbe ist. Figur *C* und *D* auf Taf. I geben die Erscheinnng am Glauberit an, in welchem die Axen für roth in einer Ebene liegen, die in den Figuren horizontal ist, die Axen für blau aber in einer zur vorigen verticalen Ebene. Eine ähnliche Erscheinung zeigt auch der Brookit. Hier nimmt das Interferenzbild in Folge des grösseren Axenwinkels die Fig. 9, Taf. I abgebildete Form an.

Lit. über die Interferenzfig. etc. in v. Lang, Einleitung i. d. theoret. Physik.

120. Axenwinkelapparat. Die Beobachtung der Interferenzfiguren dient nicht nur zur Unterscheidung der optisch einaxigen und zweiaxigen Minerale und zur Erkennung der Dispersion, sondern auch zur Messung des Winkels der

Fig. 292. Fig. 293.

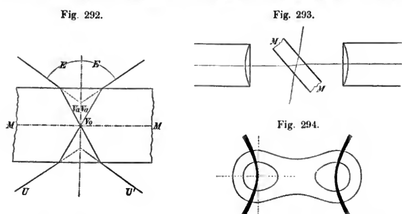


Fig. 294.

optischen Axen. Zu diesem Zwecke spaltet oder schneidet man eine Platte senkrecht zur Halbirungslinie des spitzen Winkels der optischen Axen. In dieser bildet jede der beiden Axen mit jener Linie denselben Winkel V und es ist $2V$ der Winkel, welchen die optischen Axen thatsächlich mit einander einschliessen und welcher der wahre Winkel der optischen Axen heisst. Der Lichtstrahl aber, welcher in der Richtung einer optischen Axe durch die Platte MM gegangen ist, wird beim Anstritte in die Luft von dem Einfallsloth abgelenkt und bildet nun mit demselben den Winkel E. Ebenso verhält sich der Strahl, welcher parallel zur zweiten Axe hindurchgeht. Demgemäss ist $2E$ der Winkel, den man bei der Beobachtung in Luft erhält. Er ist der scheinbare Winkel der optischen Axen in Luft nnd ist immer grösser als der wahre. Im Folgenden wird nach dem Vorschlage von Descloizeaux die Hälfte des wahren spitzen Winkels mit V_a, die Hälfte des wahren stumpfen Winkels mit V_o, ferner die Hälfte des scheinbaren Winkels in Luft mit E_a nnd E_o bezeichnet

Um den scheinbaren Winkel zu messen, bringt man die Platte in ein Instrument, welches wie ein Konoskop gebaut ist und ein Fadenkreuz im

Ocular hat, und stellt in diesem zuerst das eine, dann das zweite Axenbild an dem Kreuzpunkte ein. Die zwischen beiden Einstellungen erfolgte Drehung wird an dem Limbus oder Vollkreis *V*, mit welchem die untersuchte Platte in Verbindung steht, abgelesen.

Die Fig. 293 zeigt die Stellung der Platte von oben gesehen in dem Augenblicke der Beobachtung der einen Axe, die Fig. 294 gibt die entsprechende Coincidenz des Fadenkreuzes mit dem Centralpunkte des Axenbildes an.

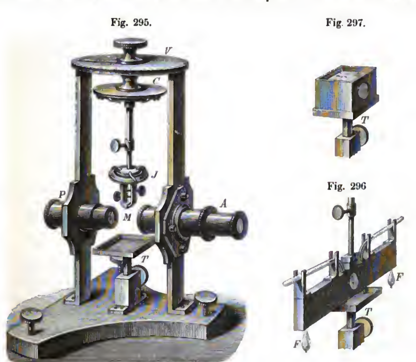


Fig. 295. Fig. 297. Fig. 296

Fig. 295 liefert die Ansicht des Axenwinkelapparates nach der v. Lang'schen Construction. Die verticale drehbare Axe hat oberhalb des Limbus *V* einen Zeiger, unterhalb desselben eine Vorrichtung *C* zum Centriren und eine solche *J* zum Justiren der in der Pincette befindlichen Platte[1]).

Um den Axenwinkel auch bei höheren Temperaturen zu bestimmen, setzt man auf den Träger *T* einen durchsichtigen Luftkasten, in welchen man das

[1]) Man kann an jedem Konoskop einen Limbus mit drehbarer Axe anbringen und dadurch die Messung des Axenwinkels ermöglichen. In dem Apparat von G. Adams und E. Schneider sind die beiden halbkugeligen Linsen sammt Mineralplatte drehbar. Man erhält hier den Axenwinkel in Glas. Der Apparat gestattet die Messung sehr stumpfer Axenwinkel und ist für die erste Orientirung sehr brauchbar. (Becke in Tschermak's Mineral. u. petr. Mitth. Bd. 2, pag. 430) Eine annähernde Bestimmung des Axenwinkels gelingt in jedem Konoskop einfach dadurch, dass eine in Glas geätzte Skale an geeigneter Stelle eingelegt wird, nachdem die Theilung empirisch ausgewerthet worden.

Digitized by Google

Mineralplättchen hinabsenkt. Fig. 296. Die Temperatur, welche die Umgebung des letzteren in Folge der Erhitzung durch die Flammen *FF* angenommen hat, wird an zwei Thermometern abgelesen.

Wenn der Axenwinkel so gross ist, dass V_a den Winkel der totalen Reflexion erreicht oder überschreitet, so sieht man in der Luft kein Axenbild mehr. Man kann sich aber in vielen Fällen damit helfen, dass man die Platte in Oel taucht, welches in einem durchsichtigen Behälter eingefüllt ist und welches die totale Reflexion an der Grenze von Mineral und Luft aufhebt. Fig. 297. Die hier beobachteten Winkel werden mit H_a und H_o bezeichnet.

In der Richtung der optischen Axen herrscht einfache Brechung. Der zugehörige Brechungsquotient wird β genannt. Man kann den wahren Winkel der optischen Axen aus dem scheinbaren berechnen, wofern man die Formel:

$$\sin V_a = \frac{1}{\beta} \sin E_a$$

benutzt. Ist der scheinbare Winkel in Oel gemessen worden, dessen Brechungsquotient n, so kann man nach der Formel:

$$\sin V_a = \frac{n}{\beta} \sin H_a$$

rechnen.

An zwei Platten, die aus demselben Krystallindividuum geschnitten sind, kann man öfter sowohl H_a als auch H_o bestimmen und aus diesen Werthen, ohne β zu kennen, den wahren Winkel der optischen Axen berechnen, da:

$$tg\ V_a = \frac{\sin H_a}{\sin H_o}$$

Der Winkel der optischen Axen hat bei jeder optisch zweiaxigen Mineralart eine bestimmte Grösse, die meist nur geringen Schwankungen unterliegt. Dieser Winkel ist daher für die meisten einfachen Mineralarten ein brauchbares Kennzeichen. Wenn aber mehrere Mineralarten in isomorpher Schichtung auftreten, so hat jede anders geartete Schichte auch einen anderen Axenwinkel. Eine isomorphe Mischung hingegen zeigt einen Axenwinkel, dessen Grösse von der Art und Menge der gemischten Minerale abhängt. Derlei Krystalle haben also keinen bestimmten Axenwinkel, sondern die Grösse desselben ist schwankend.

Sénarmont hat in dieser Richtung Versuche angestellt, von welchen jene am wichtigsten sind, welche er an isomorphen Mischungen von weinsaurem Natronkali und von weinsaurem Natronammoniak, welche auch Seignettesalze genannt werden, ausführte. Die beiden einfachen Salze haben ungefähr gleichen Axenwinkel und $\rho > v$, jedoch liegen die Axenebenen in dem einen und in dem anderen Salze senkrecht zu einander. Die Mischkrystalle zeigen nun bei steigendem Gehalte an dem Ammonsalze immer kleinere Axenwinkel, bis bei einem bestimmten Gehalte der Axenwinkel für roth, dann jener für violett gleich Null wird und hierauf die Axen in der zur vorigen senkrechten Ebene wieder auseinander gehen. (Pogg. Ann. Bd. 86, pag. 35 und 70.)

Die Dispersionserscheinungen an den Axenbildern haben schon erkennen lassen, dass der Axenwinkel für verschiedene Farben nicht genau dieselbe Grösse habe, daher ist bei genaueren Bestimmungen der Axenwinkel für jede einzelne

Digitized by Google

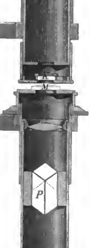
Farbe zu ermitteln. In diesem Falle verwendet man für die Beobachtung solche Vorrichtungen, welche möglichst monochromatisches Licht in den Apparat senden. Gewöhnliches Licht durch gefärbte Gläser gehen zu lassen, ist nur für wenige Glassorten zu empfehlen. Das Kupferoxydulglas gibt fast monochromatisches Roth, das grüne Glas ist schon weniger geeignet, die blauen Gläser noch weniger, die gelben gar nicht. Dagegen erhält man vollständig oder nahezu vollständig monochromatisches Licht durch gefärbte Flammen. Die Flamme des Bunsen'schen Gasbrenners mit Lithiumsalz gefärbt, liefert ziemlich reines Roth, mit Natriumsalz, z. B. Kochsalz gefärbt, monochromatisches Gelb, mit Thalliumsalz gefärbt, monochromatisches Grün.

Die auf solche Weise beobachteten Axenwinkel geben die Dispersion der optischen Axen zahlenmässig an und controliren die vorhin geschilderten Wahrnehmungen an der Farbenvertheilung im Axenbilde.

121. Stauroskop. Eine andere Anwendung der Interferenzfiguren wird in dem zuerst von Kobell construirten Stauroskop gemacht. Dieses Instrument ist so gebaut, dass ausser den im Orthoskop wesentlichen Stücken, nämlich den beiden Nicols und einigen Linsen, noch bei K eine Kalkspathplatte, welche senkrecht zur optischen Axe geschnitten wurde, angebracht ist und zwar an einer Stelle, wo ein Lichtkegel entsteht. Fig. 298. Wird nun unterhalb K ein doppelt brechendes Mineral so eingeschoben, dass es ohne den Kalkspath Dunkelheit gäbe, so wird jetzt die Interferenzfigur des Kalkspathes auftreten. Diese Figur wird aber gestört, sobald das Mineral aus jener Stellung gebracht wird. Man kann also mittels des Stauroskopes die Auslöschungsrichtungen bestimmen und zwar etwas genauer als mit dem Orthoskop, jedoch ist die Methode des Stauroskopes nur dann vorzuziehen, wenn die zu untersuchende Platte völlig klar ist. Anstatt der einfachen Kalkspathplatte empfiehlt Brezina zwei derlei Platten zu nehmen, welche gegen einander etwas schief liegen, weil diese eine Interferenzfigur liefern, welche noch empfindlicher ist, als die einfache Figur des Kalkspathes, indem die Störung mehr auffällt.

Fig. 298.



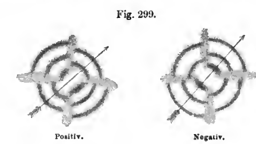


Um auch gefärbte Minerale prüfen zu können, wendet L. Calderon eine Calcitplatte an, welche aus einem künstlichen Zwilling nach R so geschnitten ist, dass die Zwillingsebene vertical zu stehen kommt, und entfernt die Sammellinse, daher nun der Apparat in ein Orthoskop verwandelt erscheint. Die Einstellung geschieht auf genau gleiche Dunkelheit der beiden Hälften der Calcitplatte. (Zeitschr. f. Kryst., Bd. 2, pag. 69.) Die Genauigkeit der Resultate ist grösser als bei dem einfachen Orthoskop und dem vorgenannten Stauroskop.

Digitized by Google

122. Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung. Um an optisch einaxigen Mineralen zu erkennen, ob dieselben positive oder negative Doppelbrechung haben, schiebt man die zur optischen Axe senkrecht geschnittene Platte in das Konoskop, wodurch die Interferenzfigur *A* auf Tafel I entsteht. Hierauf wird in den freien Raum unterhalb des Analysators eine Glimmerplatte (Viertelundulations-Glimmerplatte) gebracht. Dieselbe ist aus Kaliglimmer (Muscovit) so dünn gespalten, dass sie die nachstehende Erscheinung veranlasst. An der Glimmerplatte hat man sich die Ebene der optischen Axen durch einen Pfeil angemerkt. Sie wird horizontal so eingeschoben, dass der Pfeil in der Diagonalstellung erscheint. Jetzt ist die Interferenzfigur gestört, das Kreuz ist geöffnet und es treten zwei Hyperbeln auf, welche an ihren Scheiteln zu grauen Punkten angeschwollen sind. Fig. 299. Die Ringe sind innerhalb jeder Hyper-

Fig. 299.



bel hinausgeschoben, während sie in dem Raume zwischen beiden Hyperbeln hereingeschoben und verengert erscheinen.

Wenn die Verbindungslinie der beiden grauen Punkte so liegt, dass ihre Richtung den Pfeil senkrecht kreuzt, so ist die untersuchte Platte **positiv**, wenn aber jene Verbindungslinie dieselbe Lage hat, wie der Pfeil, ist die untersuchte Platte **negativ**.

Optisch zweiaxige Medien können auch als positive und negative unterschieden werden, weil von den beiden Strahlen, welche sich den Halbirungslinien des spitzen und des stumpfen Axenwinkels entlang bewegen, der eine sich zu dem andern verhält wie ein ordentlicher Strahl zum ausserordentlichen.

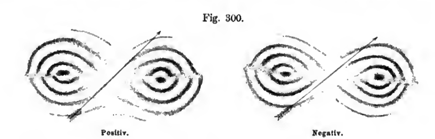
Hat man die Interferenzfigur der optisch zweiaxigen Platte erzeugt und ist diese in der Normalstellung, wie Fig. *E* auf Taf. I, so schiebt man die vorgenannte Glimmerplatte so ein, wie im vorigen Falle, also in der Diagonalstellung. Auch hier erscheint nunmehr die Interferenzfigur gestört. In zweien der Quadranten sind die Ringe erweitert, in den abwechselnden Quadranten aber verengert. Fig. 300. Die Unterscheidung erfolgt entsprechend der früheren. Geht die Richtung des Pfeiles durch die Quadranten der verengerten Ringe, so ist die untersuchte Platte **positiv**, geht sie durch die Quadranten der erweiterten Ringe, so ist die untersuchte Platte **negativ**.

Auch mit Quarzkeilen und Quarzplatten kann die Unterscheidung der optisch zweiaxigen Platten ausgeführt werden. Man hat zur optischen Axe senkrecht geschnittene Quarzplatten von verschiedener Dicke vorräthig, aus welchen

Digitized by Google

man in jedem Falle eine solche auswählt, welche die folgende Erscheinung am deutlichsten zeigt. Nachdem die Interferenzfigur, aber diesesmal in der Diagonal-Stellung, also wie Fig. F auf Taf. I, erzeugt worden, wird die Quarzplatte in den Raum unterhalb des Analysators horizontal eingeschoben. Die Figur erscheint verändert. Jetzt wird die Quarzplatte mit freier Hand ein wenig um eine horizontale Axe gedreht, so dass die Lichtstrahlen durch eine immer dickere Quarzschichte gehen müssen. Man macht nun den Versuch zweimal, und zwar einmal so, dass die Drehungsaxe senkrecht zur Ebene der positiven Axen ist, und einmal so, dass die Drehungsaxe zu dieser Ebene parallel ist. In einem der beiden Versuche zeigt sich eine deutliche Vergrösserung der Ringe in der Interferenzfigur, so dass dieselben in der Mitte des Gesichtsfeldes zusammenlaufen. Diese Vergrösserung ist entscheidend. Erfolgt sie, wenn die Drehungsaxe senkrecht

Fig. 300.



zur Ebene der optischen Axen, so ist die untersuchte Platte p o s i t i v, tritt sie aber ein, wenn die Drehungsaxe parallel zur Ebene der optischen Axen, so ist die untersuchte Platte n e g a t i v.

Zuweilen lässt sich die Prüfung eines Minerals sowohl im spitzen, wie im stumpfen Axenwinkel anstellen. In dem ersteren zeigt sich immer ein anderes Verhalten als im zweiten, gibt der eine das Resultat positiv, so gibt der andere das Resultat negativ. Wenn man aber im Allgemeinen von positiv oder von negativ spricht, so bezieht sich dies immer auf den spitzen Axenwinkel.

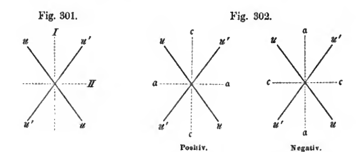
Der Charakter der Doppelbrechnng ist für die Minerale ein sehr wichtiges Kennzeichen, doch kommen ausnahmsweise auch Fälle vor, in welchen die Anwendung desselben eine Grenze findet. Wenn zwei Minerale, von welchen das eine optisch positiv, das andere negativ ist, in isomorpher Schichtung auftreten, so kann derselbe Krystall an einem Punkte positiv, an einem anderen aber negativ erscheinen. Bei inniger isomorpher Mischung hingegen werden einige Mischkrystalle positiv, die anderen negativ sein, je nach dom Vorwiegen der einen oder der anderen Mineralart. Beispiele sind Pennin, Apophyllit.

Ausserdem ist für alle Fälle zu berücksichtigen, dass der positive und der negative Charakter nicht so verschieden sind, als es die Worte ausdrücken, was namentlich bei den optisch zweiaxigen Krystallen in die Augen fällt. Bei diesen hängt der genannte Charakter von der Grösse des Axenwinkels ab. Von zwei Krystallen derselben Mineralgattung wird der eine positiv, der andere aber negativ sein, wenn bei ganz gleicher Anfstellung beider der eine einen Axen-

Digitized by Google

winkel von 89°, der andere einen solchen von 91° hat, was bei isomorphen Mischungen zuweilen vorkommt. Der Axenwinkel von 90° ist oben bei sonst gleichen Verhältnissen die Grenze zwischen dem positiven und dem negativen Verhalten. Ein Beispiel gibt der Bronzit (rhombisch), von welchem einige Exemplare positiv sind, weil die optischen Axen oben um die aufrechte Axe *c* einen spitzen Winkel bilden, während andere, durch grösseren Eisengehalt dunkler gefärbte Exemplare negativ sind, weil jener Axenwinkel ein stumpfer ist.

123. Optische Orientirung. Um bei den optisch zweiaxigen Körpern sowohl die Lage der optischen Axen gegen die Krystallform angeben, als auch den optischen Charakter bezeichnen zu können, bedient man sich der in der theoretischen Optik üblichen Hilfsmittel und Ausdrücke. Die Halbirungslinie



des spitzen Winkels der optischen Axen heisst erste Mittellinie oder Bissectrix, die Halbirungslinie des stumpfen Winkels der optischen Axen heisst zweite Mittellinie oder Bissectrix. Diese beiden Mittellinien liegen in der Ebene der optischen Axen und sind senkrecht zu einander. Fig. 301. Eine Linie, welche zu den beiden Mittellinien, also auch zur Ebene der optischen Axen senkrecht ist, wird die optische Normale genannt. Die drei Ebenen, welche durch die drei genannten Linien gehen, heissen optische Hauptschnitte. Der eine davon ist also die Ebene der optischen Axen, der zweite geht durch die eine Mittellinie und die Normale, der dritte geht durch die andere Mittellinie und die Normale.

Die vorher benannten drei Linien werden auch Elasticitätsaxen genannt. Man unterscheidet eine Axe der grössten Elasticität $\mathfrak{a}$, eine der mittleren Elasticität $\mathfrak{b}$, und eine der kleinsten Elasticität $\mathfrak{c}$. Die Normale ist immer zugleich Axe der mittleren Elasticität. Die beiden Mittellinien kommen mit den beiden übrigen Elasticitätsaxen überein, und zwar entsprechend dem Charakter der Doppelbrechung. Fig. 302.

1. Bei den optisch positiven Körpern ist die erste Mittellinie zugleich Axe der kleinsten Elasticität, also erste Mittellinie $= \mathfrak{c}$, zweite Mittellinie $= \mathfrak{a}$, Normale $= \mathfrak{b}$.

2. Bei den negativen Krystallen ist die erste Mittellinie zugleich Axe der grössten Elasticität, also erste Mittellinie $= \mathfrak{a}$, zweite Mittellinie $= \mathfrak{c}$, Normale $= \mathfrak{b}$.

Digitized by Google

Die Ebene der optischen Axen enthält demnach immer die Elasticitätsaxen a und c. Man bezeichnet häufig a als negative, c als positive Mittellinie.

Denkt man sich in einem positiven zweiaxigen Krystall den Axenwinkel kleiner werdend, bis zur Grenze Null, so gelangt man zur Vorstellung eines optisch positiven einaxigen Körpers. In diesem ist die Hauptaxe zugleich Axe der kleineren Elasticität c, und die beiden anderen Elasticitätsaxen bieten hier keinen Unterschied, sie sind einander gleich. Wird in einem negativen zweiaxigen Krystall der Axenwinkel bis zur Grenze Null verfolgt, so ergibt sich das Schema des negativen einaxigen Krystalls, dessen Hauptaxe eine Axe grösserer Elasticität a ist, während senkrecht dazu allenthalben gleiche, aber kleinere Elasticität herrscht.

124. Theoretische Erläuterung. Um den Zusammenhang zwischen der Art der Lichtbrechung und der Bauweise der Krystalle zu erkennen, denkt man sich der von Fresnel begründeten Theorie gemäss den Aether in den Krystallen so vertheilt, wie es der Anordnung der Krystallmolekel in denselben entspricht, und berücksichtigt, dass die Lichtbewegung wellenförmig fortgepflanzt wird.

In den tesseralen Krystallindividuen, die einen regulären Bau besitzen, herrscht eine gleichförmige Vertheilung des Aethers, daher Licht, welches von einem Punkte im Inneren ausgehend gedacht wird, sich kugelförmig ausbreiten wird. Die Welle ist in diesem Falle eine einfache, demgemäss die Lichtbrechung eine einfache, wie in den amorphen Körpern, in welchen zwar die Vertheilung des Aethers keine vollkommen regelmässige, doch im Ganzen und Grossen eine solche ist, dass keine Richtung vor der anderen einen Vorzug hat.

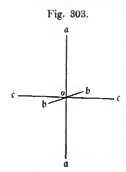
Die Krystalle von wirtelartigem Baue besitzen in allen Ebenen parallel zur Basis eine reguläre, senkrecht dazu eine andere Anordnung. In jenen Ebenen ist der Aether gleichförmig vertheilt, daher Licht, welches in einer solchen Ebene schwingt, sich so fortpflanzt, wie in einem tesseralen Krystall. Denkt man sich nun Licht von einem Punkte im Innern ausgehend, so wird nur jener Strahl, welcher zur Hauptaxe parallel ist, als gewöhnlicher Strahl fortschreiten, weil seine Schwingungen sämmtlich der Basis parallel sind. Jeder der übrigen Strahlen aber wird sich zerlegen müssen, weil den Schwingungen, welche parallel zur Basis erfolgen, eine andere Fortpflanzungs-Geschwindigkeit zukommt als den anderen. Diese Strahlen werden demnach durchwegs gespalten und polarisirt. Die einen (ordentlichen) Strahlen schreiten als kugelförmige Welle fort. Durch die Pole der Kugel geht die Hauptaxe, die Schwingungen erfolgen alle parallel zu den Ebenen der Parallelkreise. Die anderen (ausserordentlichen) Strahlen geben eine ellipsoidische Welle. Die Axe des Ellipsoides liegt in der Hauptaxe, die Schwingungen erfolgen alle parallel den Meridianebenen.

In den Krystallen von einfacherem Baue ist die Vertheilung des Aethers nach den drei Richtungen des Raumes verschieden. Ein gewöhnlicher Strahl, welcher in ein solches Medium eintritt, wird sich zerlegen müssen, weil seine Schwingungen ungleichen Richtungen im Krystall entsprechen. Demgemäss

wird Licht, welches von einem Punkte im Inneren ausgeht, in der Form einer Doppelwelle fortschreiten. Dieselbe wird auf jeder durchschneidenden Ebene zwei krumme Linien, die Wellenlinien erzeugen.

Um die Gestalt dieser Welle zu erkennen, wird man darauf Rücksicht nehmen, dass den Grundsätzen der Mechanik zufolge der Aether in solchen Krystallen sich stets in drei aufeinander senkrechten Richtungen, den optischen Elasticitätsaxen, verschieden verhalten muss. Nach einer bestimmten Richtung *aa* ist die Elasticität am grössten, nach einer zur vorigen senkrechten Richtung *cc* am kleinsten und einezuden beiden vorigen senkrechte Richtung besitzt einen Grad der Elasticität, welcher zwischen jenen Grenzen liegt. Die drei Elasticitätsaxen *aa*, *bb* und *cc* haben demnach eine Lage, wie die drei Krystallaxen im rhombischen System. Fig. 303. Die Bezeichnung der Elasticitätsaxen ist in den folgenden vier Figuren hinzuzudenken.

Fig. 303.



Denkt man sich nun Fig. 304 von einem Punkte *o* innerhalb des Krystalls einen Lichtstrahl in der Richtung *oa* fortschreitend, so würden dessen Schwingungen, wenn er sich als gewöhnliches Licht fortpflanzen könnte, senkrecht zur Linie *oa* in allen Azimuthen stattfinden. Hier aber, wo der Strahl zweierlei Elasticitäten antrifft, schwingt derselbe, jeder der beiden Elasticitäten entsprechend, erstens

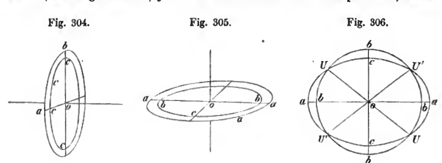


Fig. 304. Fig. 305. Fig. 306.

parallel *cc*, wobei er in der Zeiteinheit von *o* bis *c* fortschreitet, zweitens aber schwingt er parallel *bb*, wobei er in derselben Zeit bis *b* fortschreitet. Somit besteht der Strahl eigentlich aus zwei polarisirten Strahlen von verschiedener Geschwindigkeit. Ferner würde ein Strahl, welcher die Richtung *ob* einschlägt, aus zwei Theilen bestehen, von welchen der eine wiederum parallel *cc* schwingt und in der Zeiteinheit bis *c* gelangt, während der andere, parallel *aa* schwingend, die Geschwindigkeit *oa* besitzt. Ein jeder Strahl, welcher sich von *o* aus zwischen den beiden Linien *oa* und *ob* fortpflanzt, zerfällt in zwei Theile, wovon der eine wiederum parallel *cc* schwingt und in der Zeiteinheit einen Weg macht, welcher so lang als *oc* ist, während der andere in einer Zwischenrichtung zwischen *aa* und *bb* schwingt und demgemäss eine zwischen *oa* und *ob* liegende Geschwindigkeit hat. Strahlen also, welche, von *o* ausgehend, nach allen

Digitized by Google

Richtungen in der Ebene ab sich fortpflanzen, bilden mit ihren Endpunkten zwei Wellenlinien, eine innere kreisförmige mit dem Radius *oc*, und eine äussere elliptische mit den Halbaxen *oa* und *ob*.

Jeder Strahl, welcher von *o* aus zwischen den Linien *o*b und *o*c sich bewegt, Fig. 305, wird in zwei Theile zerfallen, deren einer parallel aa schwingt und die Geschwindigkeit *oa* besitzt, während der andere eine zwischen bb und cc liegende Schwingungsrichtung hat und demgemäss eine Geschwindigkeit, welche zwischen den Grenzen *ob* und *oc* liegt. Ein Strahl hingegen, welcher in der Richtung *o*c fortgeht, gibt wiederum einen parallel aa schwingenden Antheil mit der Geschwindigkeit *oa* und einen parallel bb schwingenden von der Geschwindigkeit *ob*. Strahlen also, welche von *o* ausgehen und in der Ebene b*o*c sich fortpflanzen, erzeugen eine doppelte Wellenlinie, eine äussere kreisförmige mit dem Radius *oa*, und eine innere elliptische mit den Halbaxen *ob* und *oc*.

Fig. 307.

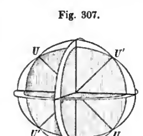


Fig. 308.

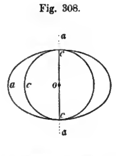
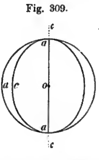


Fig. 309.



Jeder Strahl, welcher von *o* aus zwischen den Linien *o*a und *o*c sich bewegt, Fig. 306, wird in zwei Theile zerlegt, wovon der eine parallel bb schwingt, also in der Zeiteinheit den Weg *ob* zurücklegt, während der andere in einer zwischen aa und cc liegenden Richtung schwingt und eine entsprechende Geschwindigkeit hat. Wird nun dasjenige hinzugenommen, was über die Richtung *o*a und *o*c gesagt ist, so ergibt sich, dass Strahlen, welche von *o* aus in der Ebene a*o*c sich verbreiten, zwei Wellenlinien bilden, wovon die eine wieder kreisförmig ist, mit dem Radius *ob*, während die zweite elliptisch ist, mit den Halbaxen *oa* und *oc*. Diese beiden Wellen schneiden sich aber in vier Punkten *U*, welche auf zwei durch *o* gehenden Linien liegen.

Strahlen, welche sich nicht in einer der drei bisher besprochenen Ebenen, sondern in anderen Richtungen bewegen, werden sich in ihrem Verhalten im Allgemeinen den früher betrachteten anschliessen. Jeder derselben wird in zwei Theile zerfallen, welche einer inneren und einer äusseren Welle entsprechen.

Denkt man sich also vom Inneren des Krystalls, und zwar von *o* aus nach allen Richtungen des Raumes Licht ausgehend, so wird sich dasselbe in einer doppelten Welle, einer inneren und einer äusseren, fortpflanzen, welche sich in vier Punkten durchschneiden. Beide durch eine Zeichnung darzustellen ist nicht möglich, jedoch gibt die Figur 307, welche drei Durchschnitte der Doppelwelle darstellt, eine ausreichende Vorstellung. Die beiden Linien *UU* und *U'U'* sind

Digitized by Google

die Richtungen der sogenannten secundären optischen Axen. Sie entsprechen in ihrer Lage nahezu den wahren optischen Axen, nach welchen das Licht in einfacher Welle fortschreitet [1]).

Das Gesagte macht es erklärlich, dass die Krystalle von einfacherem Baue zwei Richtungen einfacher Brechung besitzen, ferner zeigt es, wie der Unterschied der positiven und der negativen Krystalle aufzufassen sei, endlich lässt es erkennen, dass man aus den drei Geschwindigkeiten *oa*, *ob* und *oc* den Winkel der optischen Axen berechnen könne. Da nun die Lichtgeschwindigkeiten den Brechungsquotienten umgekehrt proportional sind, so ist die Kenntnis jener Brechungsquotienten erforderlich, die sich ergeben, wofern man polarisirte Strahlen beobachtet, welche den Elasticitätsaxen $\mathfrak{a}\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}\mathfrak{c}$ parallel schwingen. Werden diese drei Brechungsquotienten α, β, γ genannt, so lautet die Formel bezüglich des Winkels, welchen die eine optische Axe mit $\mathfrak{c}\mathfrak{c}$ bildet:

$$\cos V = \sqrt{\frac{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}}}$$

Die Zahlen α, β, γ werden bestimmt, wofern man aus dem Krystall Prismen parallel den drei Elasticitätsaxen schneidet und an jedem dieser doppelt brechenden Prismen den Brechungsquotienten jenes Strahles ermittelt, welcher sichtbar bleibt, wofern die austretenden Strahlen durch einen Nicol betrachtet werden, dessen Hauptschnitt parallel der Prismenkante. Die Brechungsquotienten werden aber selten so genau ermittelt, dass der beobachtete Axenwinkel mit dem berechneten völlig übereinstimmt. Meistens ist diese Controle eine beiläufige.

Aus der Gestalt der Wellenfläche zweiaxiger Körper lässt sich auch die Wellenfläche einaxiger ableiten, welche blos zweierlei Elasticität $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{c}$ besitzen, wonach $\mathfrak{b}$ wegfällt. Macht man dementsprechend *ob* gleich *oc*, so erhält man die Wellenfläche eines negativen einaxigen Krystalls, und zwar als innere Fläche eine Kugel, als äussere ein abgeplattetes Ellipsoid, welche beide in der Axe $\mathfrak{a}$ sich berühren, Fig. 308. Macht man hingegen *ob* gleich *oa*, so erhält man die Wellenfläche eines positiven einaxigen Krystalls, und zwar als innere Fläche ein gestrecktes Ellipsoid, als äussere eine Kugel, beide in der Axe $\mathfrak{c}$ sich berührend, Fig. 309.

125. Circularpolarisation. Manche Krystalle haben die Eigenschaft, die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen. Von den Mineralen kennt man bisher nur den Quarz und den Zinnober, welche die hieher gehörigen Erscheinungen zeigen. Da die Krystalle beider dem hexagonalen Systeme entsprechen, so wäre das Verhalten einaxiger Körper zu erwarten. Nimmt man jedoch eine zur Haupt-

[1]) Um die Richtungen der wahren optischen Axen zu construiren, legt man an die Fig. 306, in welcher $oa = \frac{1}{\alpha}$, $ob = \frac{1}{\beta}$, $oc = \frac{1}{\gamma}$ Linien, welche den Kreis und die Ellipse gleichzeitig berühren. Dies gibt zwei Linienpaare. Senkrecht zu diesen werden hierauf durch *o* zwei Linien gezogen, welche die Richtungen der Axen sind.

Digitized by Google

axe senkrechte Quarzplatte und betrachtet dieselbe im Orthoskope zwischen gekreuzten Nicols, so erscheint sie nicht dunkel, sondern hell. Benutzt man einfarbiges Licht, z. B. Natriumlicht, so zeigt sich ebenfalls Helligkeit, dreht man aber jetzt allmälig den oberen Nicol, so tritt nach einer bestimmten Drehung, z. B um 22° Dunkelheit ein, wofern die Platte 1 Millimeter dick ist. Nimmt man vom selben Quarzkrystall eine doppelt so dicke Platte wie vorhin, so tritt erst nach der Drehung nm 44° Dunkelheit ein. Daraus ist zu ersehen, dass die Polarisationsebene des Lichtstrahles, welcher sich parallel der Hauptaxe bewegt, im Quarz gedreht wird, und zwar proportional der Dicke der Quarzschichte. (Rotationspolarisation.) Für jede Farbe ist aber der Betrag der Drehung ein anderer. Platten aus Rechtskrystallen **(42)** drehen rechts, Platten von Linkskrystallen in gleichem Grade links. Das Verhalten ist derart, als ob die Polarisationsebene im Quarz schraubenartig gewunden wäre. Die optische Theorie erklärt die vorgenannte und die folgende Erscheinung daraus, dass die parallel der Hauptaxe einfallenden und auch die wenig davon abweichenden Strahlen polarisirten Lichtes eine kreisförmige (circuläre) Schwingung annehmen, daher der Ausdruck Circularpolarisation.

Wird die Quarzplatte in das Konoskop gebracht, so erzeugt sie eine Interferenzfigur, welche im Centrum anders gebildet ist, als bei den gewöhnlichen einaxigen Körpern. Fig. H auf Taf. I. Der innere Theil der Figur wird nämlich, wofern man im Tageslicht beobachtet, von einer farbigen Scheibe gebildet; die Farben aber sind, je nach der Dicke der Platte, verschieden.

Dreht man jetzt den oberen Nicol (Analysator) nach rechts, so verändert sich die Farbe des Mittelfeldes und beginnen die Ringe zu wandern. Ist die Platte rechtsdrehend, so verändert sich die Farbe in dem Sinne von gelb durch blau, violett zu roth und die Ringe erweitern sich, ist aber die Platte linksdrehend, so verändert sich die Farbe des Mittelfeldes bei der gleichen Drehung in dem Sinne von gelb durch roth, violett zu blau und die Ringe verengen sich.

Legt man eine linksdrehende und eine rechtsdrehende Platte von gleicher Dicke über einander und schiebt diese Combination in das Polarisationsinstrument, so erscheinen die sogenannten Airy'schen Spiralen.

Unter den Producten der Laboratorien gibt es sowohl einaxige als auch einfach brechende Körper, welche Circularpolarisation zeigen. In den letzteren hat jede Richtung im Krystalle dieselbe Art der Drehung. Da die Mehrzahl der circularpolarisirenden Körper enantiomorphe Formen darbieten, so scheint die Eigenschaft, die Polarisationsebene zu drehen, von dem Krystallbaue abhängig zu sein, obwohl die Enantiomorphie nicht immer von einer Circularpolarisation begleitet ist (s. Baumhauer, Zeitschr. f. Kryst. I, pag. 51. Wulff. ebendas. IV, pag. 122). Interessant sind in dieser Beziehung die Versuche von Reusch, durch schraubenartige Aufschichtung von Glimmerplatten Circularpolarisation nachzuahmen (Monatsberichte d. Berl. Akad. 1869, pag. 530. Sohncke, Pogg. Ann. Ergänzb. 8, pag. 16. Mallard, Ann. des Mines, ser. 7, Bd. 10, pag. 187).

Ein anderer Körper, das tetragonale Strichninsulfat, lässt sowohl im krystallisirten Zustande als in der Auflösung Circularpolarisation erkennen. Mehrere

Digitized by Google

Körper, wie Zucker, Weinsäure, wirken blos in der Auflösung. In den letzteren Fällen scheint die Ursache in dem Baue der Molekel zu liegen.

126. Pleochroismus. Die doppelt brechenden Krystallindividuen zeigen, wenn sie farbig oder gefärbt sind, im durchfallenden Lichte nach verschiedenen Richtungen nicht immer dieselbe, sondern häufig verschiedene Farben, oder sie zeigen dieselbe Farbe in verschiedenen Graden der Helligkeit.

Diese Erscheinung, welche Pleochroismus genannt wird, lässt erkennen, dass in solchen Individuen in den verschiedenen Richtungen nicht blos verschiedene Lichtbrechung, sondern auch ungleiche Absorption stattfindet. Ist das Phänomen deutlich, so geben die optisch zweiaxigen Medien nach drei auf einander senkrechten Richtungen drei verschiedene Farben: Trichroismus. Würfel, welche aus dem rhombischen Cordierit von Bodenmais derart geschnitten sind, dass ihre Flächen den drei Endflächen parallel sind, geben bei der Durchsicht durch das Querflächenpaar graublau, durch das Längsflächenpaar gelb und durch das basische Endflächenpaar indigblau. Wird aus einem solchen Krystall eine Kugel geschnitten, so zeigt diese beim Durchsehen nach den angegebenen drei Richtungen wiederum blaugrau, gelb und indigblau, in den übrigen Richtungen aber Mischtöne, die aus den benachbarten Farbentönen hervorgehen.

Die optisch einaxigen Krystalle bieten in dem Falle, als die Erscheinung deutlich ist, beim Durchsehen nach allen Richtungen senkrecht zur Hauptaxe dieselbe, parallel zur Hauptaxe aber eine andere Farbe: Dichroismus. Wird aus einem geeigneten Krystalle von hexagonalem Beryll ein Cylinder von gleicher Breite und Höhe geschnitten, so dass die Axe des Cylinders parallel zur Hauptaxe ist, so gibt derselbe parallel zu dieser Axe himmelblau, durch die Seiten gesehen aber blassgrün. Eine Kugel aus einem solchen Krystall geschnitten, liefert nach den genannten Richtungen himmelblau und blassgrün, in allen anderen Richtungen aber eine Mischfarbe aus diesen beiden.

Der Pleochroismus rührt davon her, dass in den doppelt brechenden Körpern die beiden Strahlen, in welche der einfallende Strahl gespalten wird, eine ungleiche Absorption erfahren. Früher wurde schon angeführt (**113**), dass der Turmalin den ordentlichen Strahl stärker absorbirt, als den ausserordentlichen, so dass dickere Platten den ordentlichen Strahl ganz vernichten. Nimmt man jedoch eine dünne zur Hauptaxe parallele Platte des Turmalins von Snarum und prüft das durchfallende braune Licht mit einem Nicol, so erscheint dasselbe rothbraun, wenn der Nicolhauptschnitt zur Hauptaxe parallel, hingegen grün, wenn der Nicolhauptschnitt dazu senkrecht ist. Der ordentliche Strahl wird also mit grüner, der ausserordentliche aber mit rothbrauner Farbe durchgelassen.

Die optisch zweiaxigen Minerale geben bei der Prüfung mit dem Nicol für die beiden ausserordentlichen Strahlen ebenfalls oft bedeutend verschiedene Farbentöne. Achtet man dabei zugleich auf die Schwingungsrichtungen, so zeigt sich, dass jene Schwingungsrichtungen, welche sich bezüglich der Lichtbrechung gleich verhalten, auch gleiche Farbentöne liefern, die unter einander verschiedenen Schwingungsrichtungen aber ungleiche Farbentöne.

Digitized by Google

Für die Prüfung des Pleochroismus hat Haidinger ein einfaches Instrument angegeben, welches als Dichroskop oder als dichroskopische Loupe bekannt ist. Dasselbe besteht aus einem länglichen Spaltungsstück von Kalkspath, das in einer Röhre enthalten ist. Letztere hat an dem einen Ende eine quadratische Oeffnung und an dem zweiten Ende, welches gegen das Auge gewendet wird, eine runde Oeffnung mit einer schwachen Linse. Beim Durchsehen erscheint die viereckige Oeffnung doppelt. Fig. 310.

Die beiden quadratischen Lichtbilder enthalten polarisirtes Licht und die Schwingungen in dem einen sind senkrecht zu den Schwingungen des anderen. Wird nun vor die quadratische Oeffnung eine durchsichtige Platte gebracht, deren Pleochroismus zu prüfen ist, so geht das Licht zuerst durch diese Platte, erfährt hier die besprochene Absorption und verlässt die Platte, nachdem Schwingungen von bestimmter Richtung vernichtet worden sind. Im Kalkspath werden hierauf die noch vorhandenen Schwingungen in solche verwandelt, welche in zwei getrennten Lichtbündeln senkrecht gegen einander stattfinden. Das Endresultat ist dasselbe, als ob man von vornherein zwei getrennte Lichtbündeln, die zu einander senkrecht polarisirt sind, durch die zu untersuchende Platte geschickt hätte.

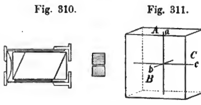


Fig. 310. Fig. 311.

Vor der Anwendung des Dichroskopes bestimmt man die Schwingungsrichtungen der beiden Lichtbilder am raschesten durch Visiren auf eine glänzende horizontale Fläche (108), bei der Beobachtung aber denkt man sich die Schwingungsrichtungen auf die untersuchte Platte projicirt. Nach der Verbesserung, welche v. Lang angegeben hat, ist das Ende der Röhre, welches die quadratische Oeffnung besitzt, für sich drehbar, so dass die daran geklebte Platte leicht in verschiedene Lagen zu den Schwingungsrichtungen gebracht wird.

Optisch einaxige Körper erlauben bei Anwendung des Dichroskopes die Bestimmung der beiden Farben, welche den Schwingungen parallel und senkrecht zur Hauptaxe entsprechen, an einer einzigen Platte, welche parallel zur Hauptaxe ist. Bei optisch zweiaxigen Körpern genügen zwei Platten, um die drei Farben, welche Schwingungen parallel den drei Elasticitätsaxen entsprechen, zu erhalten. Haidinger nennt diese Farben A x e n f a r b e n. An einer Platte kann man z. B. die Axenfarben für $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{c}$, an der zweiten jene für $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ bestimmen. An einem Würfel, wie in beistehender Figur, könnte man jede Axenfarbe doppelt bestimmen, da man, durch die Fläche *C* blickend, die Farben für $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, durch *B* blickend, jene für $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{c}$, durch *A* blickend, jene für $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ wahrnimmt. Für den Cordierit von Bodenmais hat man $\mathfrak{a}$ gelblich, $\mathfrak{b}$ graublau, $\mathfrak{c}$ dunkelblau; für den Epidot von Sulzbach $\mathfrak{a}$ gelb, $\mathfrak{b}$ braun, $\mathfrak{c}$ grün.

Die drei Farben, welche man beim Durchsehen durch die Flächenpaare *A*, *B*, *C* mit freiem Auge im gewöhnlichen Tageslichte wahrnimmt, nennt Haidinger F l ä c h e n f a r b e n. Dieselben setzen sich aus den Axenfarben zusammen,

Digitized by Google

welche den zur beobachteten Fläche parallelen Elasticitätsaxen entsprechen. Die Flächenfarbe für A setzt sich also ans den Axenfarben für $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ zusammen etc. Beim Cordierit von Bodenmais sind die Flächenfarben, wie früher gesagt wnrde: A indigblau, B graublan, C gelb; für den genannten Epidot grün, gelbgrün und braun. Das Dichroskop zerlegt also jede Flächenfarbe in zwei Axenfarben.

Bei mikroskopischen Untersuchnngen empfiehlt es sich, anstatt ein Dichroskop hinzuzufügen, in der Art zu beobachten, dass man einen einzigen Nicol, nnd zwar denjenigen, welcher unter dem Tisch des Mikroskopes angebracht ist, dreht, oder auch so, dass man bei ruhendem Nicol den Tisch dreht, auf welchem die Mineralplatte liegt. Nach dieser Methode, welche vom Antor vorgeschlagen wnrde, beobachtet man dieselben Farbentöne nach einander, welche das Dichroskop neben einander zeigt.

In den allochromatischen Mineralen rührt der Pleochroismus von der regelmässigen Einfügung idiochromatischer Partikelchen her, doch gelingt es selten, eine solche Beimischung künstlich zu erzeugen. Senarmont vermochte Krystalle von salpetersanrem Strontian dnrch beigemischtes Pigment aus Fernambukholz pleochroitisch zu machen.

Ueber d. Pleochroismus: Haidinger in Pogg. Ann., Bd. 65, pag. 1, und Sitzber. d. Wiener Akad., Bd. 13, pag. 3 und 305; Senarmont, Pogg. Ann., Bd. 91, pag. 491. Autor in d. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd., 59, Mai. Lang, ebendas., Bd. 82, pag. 174; Laspeyres, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 4, pag. 444; Pulfrich, Zeitsch. f. Kryst., Bd. 6, pag. 142.

127. Zu den Erscheinungen, bei welchen die orientirte Absorption im Spiele ist, gehören auch die dunklen Büschel nnd Ringe, welche manche Krystalle im durchfallenden Lichte mit freiem Auge wahrnehmen lassen nnd welche Axenbilder in veränderter Form sind. Man kann dieselben, mit Benützung eines Ausdruckes von Haidinger, idiophane Axenbilder nennen[1]). Man beobachtet die dunklen Büschel an manchen Platten von Kaliglimmer (Muscovit) oder von Epidot, Andalnsit, Cordierit, nnd zwar in den Richtungen der optischen Axen. Sie haben die Lage der dunklen Hyperbeln, welche im Konoskop erhalten werden, und auch so ziemlich deren Gestalt, jedoch erscheinen sie viel breiter und sind an den Axenpunkten nnterbrochen. An einem einaxigen Körper, dem Magniumplatincyanür, wurde von Bertrand eine andere Erscheinung, nämlich ein kreisrunder, violetter Fleck auf rothem Grunde, beobachtet. So lässt sich also an manchen Krystallen schon mit freiem Auge die Lage der optischen Axen erkennen. Alle diese Krystalle haben eine ziemlich starke Färbung, daher die theilweise Absorption des durchgehenden Lichtes hier die Hauptursache ist.

---

[1]) Diese Erscheinung wird öfters mit den zuerst von Brewster beschriebenen epoptischen Figuren znsammengeworfen, welche mit freiem Auge am Calcit, Aragonit etc. beobachtet werden, wenn durch den Reflex an eingeschalteten Zwillingslamellen farbige Axenbilder entstehen. (Müller, Pogg. Ann. Bd 41, pag. 110.)

Digitized by Google

Haidinger hat sich mit dieser Erscheinung mehrfach beschäftigt und auch einen merkwürdigen Fall am Amethyst beobachtet; in letzter Zeit hat Bertin mehrere Fälle beschrieben.

Lit. Haidinger, Handb. d. Mineralogie, pag. 378. Bertin, Zeitschr. f. Kryst., 3. Bd., 449. Bertrand, ebendas. 645. Mallard, ebendas. 646.

128. Verhalten der einzelnen Krystallsysteme. Die optischen Axen und mit ihnen die Elasticitätsaxen sind in den Krystallindividuen stets der Symmetrie des inneren Baues entsprechend gelagert. Hieraus folgt, dass die optische Orientirung in den einzelnen Systemen eine verschiedene ist, dass jedoch für die hemiëdrischen Abtheilungen immer dasselbe gilt wie für die holoëdrischen.

Triklines System. Die optischen Axen, sowie die Mittellinien haben keine voraus bestimmte Lage; für jede Mineralart gilt daher eine besondere

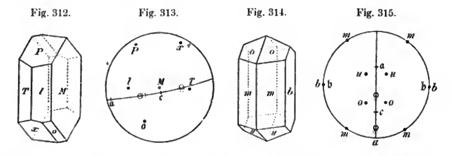


Fig. 312. Fig. 313. Fig. 314. Fig. 315.

Orientirung aller optischen Richtungen. Das Aufsuchen der Axen und Mittellinien erfolgt durch blosses Probiren. Die Dispersion der Axen ist eine asymmetrische. Genau genommen haben also die Axen für jede Farbe eine andere Lage in verschiedenen Ebenen und zugleich eine andere Mittellinie. Man sagt daher, im triklinen Systeme sind sowohl die Axen, als auch die Axenebenen und die Mittellinien dispergirt.

Als Beispiel mag der Albit dienen. Fig. 312 stellt einen einfachen Krystall dar. Fig. 313 gibt eine Projection der Flächen auf die Kugel. Die optischen Axen, welche durch den Mittelpunkt der Kugel gelegt gedacht werden, treffen deren Oberfläche in Punkten, welche in der Zeichnung durch kleine Kreise angedeutet werden, und zwar so, dass die punktirten den Axen für rothes Licht, die ausgezogenen Kreise den Axen für blaues Licht entsprechen, wobei die Abweichung beider etwas übertrieben dargestellt ist. Die Ebene der optischen Axen schneidet die Kugel in einem grössten Kreise. (Ausgezogene Linie.) Beim Albit weicht die erste Mittellinie c nur wenig von der Normalen auf M ab. Die Axen sind verschieden dispergirt, ihr wahrer Winkel $2\ V = 58°$. Doppelbrechung positiv, da c erste Mittellinie ist.

Monoklines System. Eine Elasticitätsaxe liegt senkrecht zur Symmetrieebene, folglich der Krystallaxe b parallel, die beiden anderen liegen in der Symmetrieebene. Die Ebene der optischen Axen ist daher entweder parallel

oder senkrecht zur Symmetrieebene, so dass es hier nur zwei wesentlich verschiedene Orientirungen gibt.

Bestimmt man an einer Platte, welche zur Längsfläche parallel ist, die Auslöschungsrichtungen, so hat man damit die Lage der zwei Elasticitätsaxen ermittelt, welche der Symmetrieebene parallel sind, und es erübrigt nur noch, an Platten, welche senkrecht zu den Elasticitätsaxen geschnitten sind, die Axenebene und den Charakter der ersten Mittellinie zu bestimmen. Ist die erste Mittellinie parallel zur Symmetrieaxe b, so zeigt schon die zur Längsfläche parallele Platte das Axenbild, ist das nicht der Fall, dann gibt eine der beiden anderen Platten, welche senkrecht zur Symmetrieebene geschnitten werden, die gesuchten Erscheinungen.

a) Ist die Ebene der optischen Axen parallel zur Symmetrieebene, so ist die Normale $\mathfrak{b}$ parallel der Symmetrieaxe b, während $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{c}$ zur Symmetrieebene

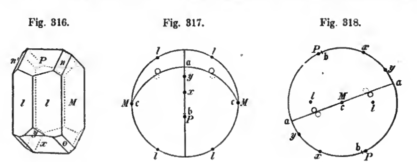


Fig. 316. Fig. 317. Fig. 318.

parallel sind, aber weiter keine vorausbestimmte Lage haben. Demgemäss sind die optischen Axen und die Mittellinien in einer Ebene dispergirt: Geneigte Dispersion.

Ein hieher gehöriges Beispiel hat man am Gyps. In einem Gypskrystall, Fig. 314, bildet die Elasticitätsaxe $\mathfrak{c}$ mit der Normale zu a, nach welcher eine ziemlich vollkommene Spaltbarkeit herrscht, einen Winkel von 36° 20′. Die optische Axe, welche in diesem spitzen Winkel $\mathfrak{c}$ a liegt, ist stärker dispergirt, als die andere [1]). Die Doppelbrechung ist positiv. $2\,V = 57° 18'$ für roth, $2\,V = 56° 13'$ für violett, also $\rho > \upsilon$. Die geneigte Dispersion, welche die zu $\mathfrak{c}$ senkrechte Platte darbietet, ist auf Taf. II in den Fig. C und D dargestellt, wobei jedoch die Axen mehr genähert wurden, als sie es in der That sind, um das Bild in diesen Raum zu bringen.

b) Ist die Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene, so hat die eine Mittellinie eine fixe Lage parallel der Symmetrieaxe, die andere Mittellinie aber eine nicht vorausbestimmte Lage innerhalb der Symmetrieebene, und ist in derselben dispergirt. Die optischen Axen bilden mit der Symmetrieebene gleiche Winkel und sind gleich dispergirt. Ist die Platte, welche das Axenbild

[1]) Die stärker dispergirte erscheint auf Taf. II in der Figur D links. Ueber die hier herrschende anomale Dispersion: V. v. Lang, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 86, Dec. 1877.

Digitized by Google

zeigt, senkrecht zur Symmetrieebene, so ist die Dispersion eine monosymmetrische: Horizontale Dispersion, wie in Fig. 317, ist aber jene Platte parallel zur Symmetrieebene, so ist die Dispersion antimetrisch: Gedrehte Dispersion, wie in Fig. 318.

Als Beispiel des ersteren Falles kann der Adular, Fig. 316, angeführt werden. Die zweite Mittellinie c ist parallel der Symmetrieaxe, während die erste Mittellinie a mit einer Normale zu 100 einen Winkel bildet, der, über $P = 001$ gemessen, für roth 159° 11′, für violett 159° 37′ beträgt. Die Doppelbrechung ist negativ. $2\,V = 69°$. Die horizontale Dispersion um die Mittellinie a ist auf Taf. II in den Fig. *A* und *B* dargestellt. Dieselbe ist auch aus der Projection in beistehender Figur 317 ersichtlich. Eine Platte von Adular, parallel *M* geschnitten und in einem geeigneten Apparate geprüft, zeigt hingegen gedrehte Dispersion, wie aus Fig. 318 erkennbar.

Fig. 319.

Fig. 320.

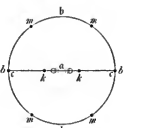
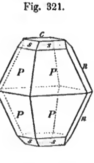


Fig. 321.



Der Borax, welcher die erste negative Mittellinie a parallel der Symmetrieaxe *b* und einen Axenwinkel von 59° 30′ hat, liefert parallel der Längsfläche Platten, die im Konoskop ohne weiteres das Axenbild und dementsprechend gedrehte Dispersion zeigen. Fig. *E* und *F* auf Taf. II.

Der Gleichförmigkeit wegen wird auch in der Folge bei Angaben der optischen Orientirung monokliner Krystalle zuerst die Lage der Axenebene und hierauf der Winkel angeführt werden, welchen die Normale auf 100 mit den folgenden Mittellinien a oder c bildet, indem dieser Winkel in der Richtung von 100 über 001 gezählt wird. Also für Gyps 100. c = 36° 30′; für Adular aber 100. a = 159° 11′.

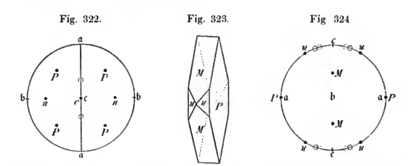
Rhombisches System. Die Elasticitätsaxen sind den drei Krystallaxen parallel, die Ebene der optischen Axen ist demnach einer der drei Endflächen parallel. Die optischen Axen erscheinen gleich dispergirt. Disymmetrische Dispersion. Werden von einem Krystallindividuum dieses Systemes Platten parallel zu den drei Endflächen geschnitten, so liefert eine derselben das Axenbild. Denkt man sich alle Krystalle des rhombischen Systemes so aufgestellt, dass die längste krystallographische Axe als *c*-Axe aufrecht, die kürzeste als *a*-Axe auf den Beobachter zulaufend gedacht wird, so kann die Ebene der optischen Axen drei verschiedene Lagen haben.

Digitized by Google

In dem Krystall von Aragonit, Fig. 319, ist die Ebene der optischen Axen parallel der Querfläche, also senkrecht zu *b* und *k*. Die erste Mittellinie $\mathfrak{a}$ ist parallel der aufrechten Axe, Fig. 320. Charakter der Doppelbrechung demnach negativ. $2V = 18^0 5'$ für roth, $18^0 40'$ für violett, also $\rho < \upsilon$, wie dies auch aus der Dispersion ersichtlich, welche die Fig. *E* und *F* auf Taf. I darstellen.

Der Schwefel, Fig. 321 und 322, zeigt die Ebene der optischen Axen parallel der Längsfläche. Die aufrechte Axe ist zugleich erste Mittellinie und zwar $\mathfrak{c}$, daher Doppelbr. positiv. $2V = 69^0 40'$.

Der Krystall von Baryt, Fig. 323 und 324, hat die Ebene der optischen Axen parallel zur basischen Endfläche, also senkrecht zu *P* und *u*. Parallel der Längsaxe liegt die erste Mittellinie. Diese ist $\mathfrak{c}$. Doppelbr. also positiv. $2V = 37^0 2'$ roth, $38^0 30'$ blau, demnach $\rho < \upsilon$.



T e t r a g o n a l e s u n d h e x a g o n a l e s S y s t e m. Die Symmetrie dieser Systeme erlaubt blos die Existenz einer einzigen optischen Axe, welche der Hauptaxe parallel sein muss. In den Krystallen von positiver Doppelbrechung herrscht parallel zur Hauptaxe zugleich die kleinste Elasticität $\mathfrak{c}$, senkrecht dazu aber ringsum die grösste $\mathfrak{a}$. Bei den Krystallen von negativer Doppelbrechung ist es umgekehrt.

T e s s e r a l e s S y s t e m. Die Krystalle dieses Systems haben, wie schon früher ausgesprochen wurde, einfache Lichtbrechung.

129. Erscheinungen an Zwillingen und mimetischen Krystallen.

Im parallelen polarisirten Lichte lassen alle Zwillingsbildungen die Zusammensetzung aus mehreren Individuen durch Unterschiede der Helligkeit oder durch Farbenunterschiede erkennen. Die Grenzen der Individuen sind oft scharf und geradlinig, zuweilen aber krumm und manchmal undeutlich, wofern an der Grenze mehrere Individuen über einander zu liegen kommen. Ist die Platte senkrecht zur Zwillingsebene, so liegen die Auslöschungsrichtungen symmetrisch zu derselben, wie in Fig. 325, die eine Platte angibt, welche parallel 010 aus einem Zwillingskrystall von Hornblende genommen ist. Zwillingsebene 100. Je eine Auslöschung erscheint durch einen Strich angezeigt.

Die Wiederholungszwillinge liefern Platten, welche im polarisirten Lichte gestreift sind, z. B. die Albitplatte in Fig. 326, die senkrecht zu *M* ge-

Digitized by Google

schnitten ist (vergl. Fig. 171). Die abwechselnden Individuen erscheinen bei der Nicolstellung, welche durch helle Striche angegeben ist, dunkel, die anderen hell. Bei einer anderen Stellung des Nicols erscheinen sie in complementären Farben (117).

Wendezwillinge geben Platten, die oft aus dreiseitigen Theilen oder kreisförmig angeordneten Sectoren zusammengesetzt erscheinen, wie in Fig. 330 und 331. Sind die Individuen gleichzeitig nach verschiedenen Zwillingsebenen mit einander verwachsen, so entstehen gitterartige oder parquettirte Zeichnungen. Ein Beispiel gibt die parallel 100 geschnittene Platte aus einem Individuum des triklinen Labradorits. Fig. 327. Dieselbe zeigt erstens die wiederholte Zwillingsbildung, wie der Albit in voriger Figur, zweitens noch eine Schaar von dünnen Platten, welche nach einem anderen Zwillingsgesetze, und zwar nach dem in Fig. 173 auf pag. 83 angegebenen eingeschaltet sind.

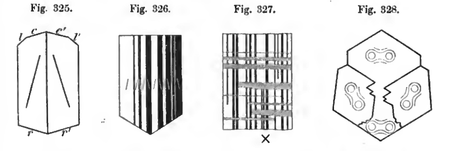


Fig. 325. Fig. 326. Fig. 327. Fig. 328.

Um in jedem Falle die einzelnen Individuen eines Zwillingsbaues nicht durch die Grade der Helligkeit, sondern durch Farben unterscheiden zu können, schaltet man unter dem Analysator eine dünne Platte von Gyps oder Quarz ein

Im convergenten Lichte geben die Zwillinge nur dann bestimmte Erscheinungen, wenn die einzelnen Individuen gross genug sind, um für sich Axenbilder zu liefern, z. B. die Individuen der Aragonitplatte in Fig. 328. Bei genügender Dicke der Platte treten Interferenzfiguren in drei Stellungen auf, welche dem früher, pag. 85, Fig. 182, dargestellten Gesetze folgen.

130. Bei den mimetischen Krystallen ergeben sich im Allgemeinen dieselben Erscheinungen wie an Zwillingskrystallen, doch erweist sich die Zusammensetzung meistens viel feiner und scheinbar weniger regelmässig. Ein Beispiel ist der Mikroklin, von welchem eine Platte parallel 001 das in Fig. 329 dargestellte Verhalten zeigt. Im Orthoskop wird eine feine Zeichnung durch die schon früher, pag. 92, bezeichneten Lamellen parallel M hervorgebracht, jedoch treten auch querlaufende Streifen auf, die oft eine gitterartige Zeichnung veranlassen.

Eine Durchdringung mehrerer Systeme von Lamellen ergeben Durchschnitte von Leucit, wie jener in Fig. 332, welcher parallel der Würfelfläche

Digitized by Google

genommen ist und die Lagerung der Zwillingsblättchen in der früher, pag. 93, angeführten Regelmässigkeit erkennen lässt. Brewster hat schon 1821 das Gewebe doppelt brechender Lamellen im Leucit bemerkt, später hat Zirkel dasselbe beschrieben. Auch der Boracit, dessen mimetische Natur von Mallard erwiesen wurde, zeigt im polarisirten Lichte die vielfache Zusammensetzung sehr deutlich und gibt im Konoskop die Bilder optisch zweiaxiger Medien.

Die mimetischen Krystalle von rhomboëdrischer oder hexagonaler Symmetrie sind gewöhnlich Wendezwillinge, wie dies eine Platte von Chabasit, Fig. 330, zeigt. Der Schnitt ist senkrecht zur Hauptaxe unterhalb der Spitze des Krystalls (pag. 92) geführt. Die Axenebenen der sechs Individuen sind schematisch angegeben. Die Krystalle des Milarits, welche hexagonale Symmetrie darbieten und die Form eines sechsseitigen Prismas mit verwendeter Pyramide und Basis nachahmen, zeigen im polarisirten Lichte die Anordnung eines Wende-

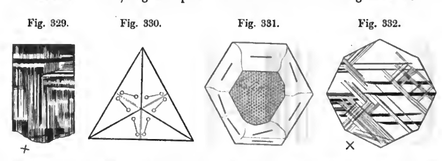


Fig. 329. Fig. 330. Fig. 331. Fig. 332.

zwillings ähnlich wie Aragonit, jedoch ist die Zusammensetzung complicirter, wie der senkrecht zur Hauptaxe geführte Schnitt in Fig. 331 angibt, worin je eine Auslöschungsrichtung durch einen einfachen Strich angegeben ist. Der Kern ist nach einem anderen Zwillingsgesetze gebaut als die Rinde.

Die regelmässige Wiederholung von Lamellen in bestimmter Stellung veranlasst aber auch besondere Erscheinungen. In manchen der Krystalle finden sich Richtungen einfacher Brechung oder die Doppelbrechung ist sehr geschwächt. So zeigt die Platte von Milarit in der Mitte einen Kern, welcher zwischen gekreuzten Nicols stets dunkel bleibt, obwohl im Uebrigen die Doppelbrechung eines optisch zweiaxigen Krystalls herrscht. Diese und ähnliche Erscheinungen sind darauf zurückzuführen, dass die durch eine Platte hervorgerufene Doppelbrechung durch eine zweite Platte von gleicher Dicke, aber verwendeter Lage aufgehoben wird. (99.)

Manche der mimetischen Krystalle geben Interferenzfiguren, welche dem Krystallsystem entsprechen, das in der Form nachgeahmt wird. Dies kommt beim Apophyllit und beim gelben Blutlaugensalz vor, welches letztere ein Kunstproduct ist. Dünne tafelförmige Krystalle beider sind optisch zweiaxig, dem monoklinen System entsprechend. Grössere und dickere Krystalle hingegen sind einaxig und ihre Form ist mimetisch-tetragonal. An manchen Platten sieht man übrigens an verschiedenen Stellen beiderlei Figuren. Es gibt auch Platten von Leucit, welche hier zweiaxig, dort einaxig erscheinen.

Digitized by Google

Reusch hat gezeigt, dass dünne Glimmerblättchen, deren jedes für sich zweiaxig ist, nach Aufschichtung in abwechselnd gekreuzter Lage ein Säulchen liefern, welches das schwarze Kreuz und die Farbenringe optisch einaxiger Körper fast vollkommen darbietet. Da nun ein solcher Wechsel von Blättchen in den mimetischen Krystallen anzunehmen ist, so stimmt die eben genannte Erscheinung mit dem Baue der Krystalle überein.

Lit. Ausser den früher, pag. 93, angeführten Schriften: Brewster, Edinburgh Philos. Journ. Bd. 5, pag. 218. Zirkel, Zeitschr. geol. Ges. Bd. 20. Reusch, Pogg. Ann. Bd. 148, pag. 628. Aut. in Tschermak's Min. Mitth. 1877, pag. 350.

131. Doppelbrechung durch Druck und Spannung. Brewster hat durch viele Versuche gezeigt, dass tesserale und amorphe Körper durch Zusammenpressen, sowie durch Spannung doppelt brechend werden. Wenn ein Glaswürfel oder eine Glasplatte in einer Schraubenpresse zusammengedrückt werden, so liefern sie zwischen gekreuzten Nicols die Erscheinungen doppelter Brechung und im convergenten Licht Interferenzcurven, jedoch von anderer Form als die zweiaxigen Krystalle. Wenn ein Glascylinder oder eine runde Glasscheibe durch einen um den runden Umfang gelegten Draht, welcher zusammengezogen wird, einem central wirkenden Drucke ausgesetzt sind, so geben dieselben ähnliche Erscheinungen wie ein negativer, optisch einaxiger Körper. Versuche mit Steinsalz lieferten dieselben Resultate.

In allen diesen Fällen kann man aber leicht den Unterschied gegenüber den Krystallen wahrnehmen. Verschiebt man den gepressten Körper im Instrument in jener Weise, welche bei einem Krystall keine Veränderung hervorbringt, so bewegt sich hier das ganze Bild und man merkt, dass die dunklen Streifen und Ringe an bestimmten Stellen des Präparates haften. Die Doppelbrechung ist vorübergehend und hört auf, sobald der Druck nachlässt.

Leim, Kautschuk und alle Harze, überhaupt alle Colloide, d. i. jene Körper, welche nicht krystallisirbar sind und beim Eintrocknen amorphe Producte liefern, zeigen schon durch geringen Druck oder Zug Doppelbrechung.

Auch in doppelt brechenden Mineralien werden die optischen Erscheinungen durch Anwendung von Druck modificirt. Bei der Pressung senkrecht zur Hauptaxe wird nach Bücking der optisch positive Quarz zweiaxig, wobei die Axenebene der Druckrichtung parallel ist. Der optisch negative Turmalin wird auch zweiaxig, wobei die Axenebene senkrecht zur Druckrichtung ist. Am Kalkspath werden ähnliche Veränderungen beobachtet, jedoch treten hier leicht Umlagerungen ein (85). Andere Minerale wurden von Klocke geprüft.

Glasstücke, welche zuerst erhitzt, hierauf rasch abgekühlt wurden, zerspringen beim Ritzen oder Brechen in unzählige Partikel, was eine Spannung der oberflächlichen Theile verräth. Solches rasch gekühltes Glas zeigt eine deutliche Doppelbrechung, ähnlich wie die gepressten amorphen Körper. Viele Colloide sind in Folge der beim Eintrocknen entstehenden Spannungen schon ursprünglich doppelbrechend. Die fossilen Harze, der Opal, der Kieselsinter zeigen daher oft energische Doppelbrechung.

Digitized by Google

Liter. Brewster, Optics. Bücking, Jahrb. f. Min. 1881, Bd. I, pag. 177 (Referat).

132. Anomale Krystalle. Von den mimetischen Krystallen abgesehen gibt es auch solche, die äusserlich nichts von einer Zwillingstextur erkennen lassen, doch aber ein anomales, d. i. ein solches optisches Verhalten zeigen, welches nicht mit der Symmetrie der Krystallform übereinstimmt. Hieher gehören aus der Reihe der tesseralen Krystalle jene von Grossular, Senarmontit, welche eine energische Doppelbrechung zeigen, jene von Alaun und Analcim, die nur eine schwache Doppelbrechung darbieten. Unter den tetragonalen sind hervorzuheben jene von Vesuvian, Mellit, von hexagonalen jene von Apatit, Beryll, welche öfters optisch zweiaxig erscheinen.

Viele dieser Krystalle erscheinen im polarisirten Lichte aus mehreren verschieden orientirten Theilen regelmässig zusammengesetzt, ohne dass aber ein solches zwillingsartiges Gewebe hervortritt, wie es in den meisten mimetischen Krystallen beobachtet wird.

Manche dieser Anomalien, z. B. jene am Senarmontit, werden sich nach genauer Prüfung wohl durch Mimesie erklären lassen. In anderen Fällen, wie beim Alaun, Analcim wird gegenwärtig von vielen Beobachtern das Vorhandensein von Spannungen angenommen, ähnlich wie bei den eingetrockneten Colloiden.

Liter. Rensch, Pogg. Ann. Bd. 132, pag. 618. Klocke, Jahrb. f. Min. 1880, Bd. I, pag. 53 (Alaun, Arsenit etc.). Klein, ebendas 1883, Bd. I, pag. 87 (Granat). Arzruni, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 5, pag. 483 (Analcim). Grosse-Bohle, ebendas. pag. 222. (Senarmontit.)

133. Durch Textur bedingtes Verhalten. Parallelfaserige oder krummfaserige Minerale, welche durchsichtig und für sich doppeltbrechend sind, geben im Orthoskop meist gerade oder wellig gekrümmte Auslöschung. Durchsichtige Minerale, welche radialfaserige Kugeln oder Halbkugeln bilden, liefern Schnitte, in welchen schmale Krystalle radial angeordnet sind. Dieselben geben sowohl im parallelen, als im convergenten polarisirten Lichte ein dunkles Kreuz, dessen Aeste von dem Mittelpunkte der Faserung ausgehen. Auch die ganzen Kügelchen zeigen das Kreuz. Beispiele sind die Sphärolithe im Obsidian.

Alle Minerale, welche diese Anordnung zeigen, sind an sich doppelt brechend. Unter den Fasern, welche radial gestellt sind, werden immer vier, welche um 90° verschieden liegen, ebenso deren nächste Nachbarn, gleichzeitig dunkel erscheinen müssen, also zusammen ein dunkles Kreuz liefern.

134. Fluorescenz und Phosphorescenz. Eine Erscheinung, welche nur an wenigen Mineralen beobachtet wird, hat nach dem Fluorit oder Flussspath den Namen Fluorescenz erhalten. Brewster, Herschel und Stokes haben sich mit derselben eingehender beschäftigt.

Mancher Fluorit, namentlich solcher aus Cornwall, hat im durchfallenden Lichte eine meergrüne Farbe, während er im auffallenden Lichte schön violblau

erscheint. Lässt man im verdunkelten Raume auf einen solchen Fluorit ein Bündel Tageslicht auffallen, so leuchtet dieses beim Eintritt in das Mineral mit schöner blauer Farbe, in tieferen Schichten hört das Leuchten und die Farbe auf. Ein Lichtbündel, welches durch eine Platte solchen Fluorits gegangen ist, vermag beim Eintritt in einen zweiten solchen Fluorit nichts mehr von dem leuchtenden Blau zu erregen. Die Fluorescenzfarbe dieses Fluorits ist also blau oder man sagt, dieses Mineral fluorescirt blau. Die Eigenschaft rührt aber blos von dem Farbstoff her, welcher höchst wahrscheinlich ein Kohlenwasserstoff ist.

Mancher Bernstein, z. B. solcher aus Sicilien, fluorescirt blau, manches Erdwachs und ebenso manches Erdöl fluorescirt grün.

Ueber Fluorescenz im Allgemeinen: Stokes in Pogg. Ann. Bd. 96, pag. 523 und Ergänzungsband 4, pag. 188. Pisko, Die Fluorescenz des Lichtes. Wien 1861.

Eine andere Erscheinung, welche etwas häufiger auftritt, ist die Phosphorescenz, welche zuerst von Placidus Heinrich 1811 etwas aufmerksamer geprüft wurde. Man versteht bekanntlich unter Phosphorescenz das selbstständige Leuchten bei verhältnismässig niederer Temperatur und ohne erkennbare Substanzveränderung. Eingehende Untersuchungen wurden von E. Becquerel angestellt.

Durch Stoss, Reibung oder durch Trennung von Mineralen entstehen öfters ziemlich starke Lichterscheinungen, z. B. an manchem Dolomite und an der Blende von Kapnik durch Kratzen, an Glimmertafeln durch rasche Trennung nach der Spaltrichtung, am Quarz durch Reiben zweier Stücke gegen einander.

Einige Minerale, z. B. manche Diamanten geben im Dunklen ein blaues Licht, wenn sie vorher den Sonnenstrahlen oder gar nur dem Tageslicht ausgesetzt waren. Mancher Aragonit, Apatit, Kalkspath zeigt auch die Erscheinung. Baryt phosphorescirt sehr merklich, nachdem er gebrannt worden.

Durch Erwärmung werden nicht wenige Minerale phosphorescirend. Mancher Diamant, Topas, Fluorit leuchtet schon in der warmen Hand, mancher grüne Fluorit bei Temperaturen über 60°, Apatit bei solchen über 100° etc. Die nach vorheriger Beleuchtung phosphorescirenden Körper erhalten alle dieselbe Eigenschaft gleichfalls durch Erwärmung.

Auch durch elektrische Entladung werden Minerale wie Sapphir, Diamant, im Dunklen leuchtend. Das ausgestrahlte Licht zeigt nach Crookes ein discontinuirliches Spectrum.

Merkwürdig ist auch die von H. Rose beobachtete Lichterscheinung beim Krystallisiren der arsenigen Säure und das Aufleuchten eines zuvor geschmolzenen und dann gelösten Gemenges von Kali- und Natronsulfat im Augenblicke des Krystallisirens.

Lit. E. Becquerel, Annales de chim. et de physique. 3. Serie, Bd. 55 und dessen Werk: La lumière, sa cause et ses effets 1. Bd, Paris 1867, H. Rose, Pogg. Ann. Bd. 35.

135. Wärmestrahlung. Wenn sich die Wärme strahlenförmig fortpflanzt, so zeigt sie nach den Arbeiten von Melloni und Knoblauch dasselbe Verhalten

Digitized by Google

wie das Licht. Wärmestrahlen erfahren demnach Reflexion, einfache Brechung, doppelte Brechung, Polarisation, Absorption wie die Lichtstrahlen und es sind blos die numerischen Verhältnisse verschieden. Dies erklärt sich durch die Annahme, dass die Wärmestrahlen ebenfalls Aetherschwingungen sind, welche senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung stattfinden, die aber auf die Netzhaut des Auges keine Wirkung ausüben.

Um geringe Wirkungen von Wärmestrahlen sichtbar zu machen, constrnirte Melloni einen Apparat, welcher aus einer Thermosäule und einem Galvanometer besteht. Die auf die Säule fallenden Wärmestrahlen erzeugen einen galvanischen Strom, dessen Existenz durch die Bewegung der Magnetnadel im Galvanometer angezeigt wird. Am leichtesten lässt sich mittels dieses Apparates die verschiedene Durchgängigkeit für Wärme, welche den verschiedenen Graden der Durchsichtigkeit analog ist, prüfen. Steinsalz erweist sich am meisten durchgängig oder diatherman, weniger der Kalkspath, noch weniger Gyps. Knpfervitriol, Alann, Wasser sind fast nndurchgängig oder adiatherman, Metalle vollständig adiatherman. Die Diathermanie ist von der Durchsichtigkeit nnabhängig. Eine Platte dunklen Glimmers ist diatherman, eine ebenso dicke Schichte Wassers ist adiatherman.

Lit. in A. Wüllner, Lehrb. d. Experimentalphysik.

136. Wärmeleitung. Bei der Fortpflanznng der Wärme durch Leitung macht sich bekanntlich jene Ungleichheit bemerkbar, welcher zufolge wir unter den Mineralien gute nnd minder gute Wärmeleiter unterscheiden. Wiedemann und Franz beobachteten die Leitung an Stäben mittels Anlegung einer Thermosäule und erhielten für Silber den höchsten Werth, welcher hier = 100 gesetzt ist, für andere Metalle aber geringere Zahlen, z. B.:

Silber	100.0	Eisen	11.9
Kupfer	73.6	Blei	8.5
Gold	53.2	Platin	8.4
Zinn	14.5	Wismut	1.8

Marmor und steinartige Minerale gaben anderen Beobachtern noch geringere Zahlen als Wismut.

Die Wärmeleitung ist öfters nach der Richtung verschieden. Um dies zu zeigen, überzog Sénarmont Platten von den zu prüfenden Körpern mit einer dünnen Wachsschichte und steckte durch eine Bohrung einen Draht, welcher erwärmt wurde. Rings um den letzteren erfolgte Schmelzung des Wachses und nach Unterbrechung des Versuches blieb ein kreisförmiger oder elliptischer Wall als Isothermenlinie zurück. Die Durchmesser der Ellipsen gaben das Verhältnis der Leitung in den entsprechenden Richtungen. Röntgen modificirt das Verfahren, indem er auf die angehauchte Krystallplatte eine erhitzte Metallspitze aufsetzt, hierauf, nachdem rings um die Spitze der Hauch verschwnnden ist, die Platte mit Lycopodiumsamen bestreut und dann vorsichtig abklopft. Die nun freie kreisförmige oder elliptische Fläche zeigt schärfere Begrenzungen als bei der vorigen Methode.

Digitized by Google

Tesserale Krystalle gaben auf allen Flächen und Schnittebenen kreisförmige Isothermen, die Krystalle von wirteligem Baue lieferten auf den Pinakoidflächen Kreise, auf den Prismenflächen Ellipsen, die Krystalle von einfacherem Baue auf allen Flächen Ellipsen. Die Wärme pflanzt sich also in den tesseralen Körpern kugelartig fort, die isotherme Fläche ist eine Kugel, in den Krystallen von wirteligem Baue ist sie ein Rotationsellipsoid, in den Krystallen von einfacherem Baue ein dreiaxiges Ellipsoid. Am Turmalin, dessen Krystalle hemimorph sind, beobachteten S. P. Thompson und Lodge eine raschere Fortpflanzung der Wärme in der einen, eine langsamere in der anderen Richtung der Hauptaxe.

Amorphe Körper geben kreisförmige Isothermenlinien. Sénarmont zeigte aber, dass durch Pressen von Glas und Porzellan die Leitung in der Richtung des Druckes vergrössert wird, daher auf einer Glasfläche während der Pressung eine elliptische Isothermenlinie entsteht.

Lit. Wiedemann u. Franz, Pogg. Ann. Bd. 89. Sénarmont, Annales de chimie et de phys. 3. Ser., Bd. 22, pag. 179. v. Lang. Sitzber. d. Wiener Ak. Bd. 54. Röntgen, Pogg. Ann. Bd. 151, pag. 603. Jannetaz, Annales de chimie et de phys. Serie 4, Bd. 29, Bulletin d. l. soc. géol. de France. 3. Ser. Bd. 3, pag. 499, Thompson u. Lodge, Zeitschr. f. Kryst. Bd. IV, pag. 538.

137. Wirkungen der Wärme in Krystallen. Die Ausdehnnng, welche Krystalle durch die Wärme erfahren, ist viel geringer als jene der Flüssigkeiten. Während bei der Erwärmung von 0° auf 100° C. das Wasser sich um $\frac{1}{23}$, das Quecksilber nm $\frac{1}{55}$ ausdehnt, beträgt die Ausdehnung des Steinsalzes $\frac{1}{247}$, des Diamants $\frac{1}{8480}$. Einzelne Körper lassen eine Zusammenziehung beim Erwärmen erkennen, jedoch nur in bestimmten Regionen der Temperatur, wie z. B. Wasser unter 4°, der Diamant unter — 24°.

Während die tesseralen nnd amorphen Minerale sich nach allen Richtungen gleich ausdehnen, ist in den Krystallen der übrigen Systeme die Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen oft eine verschiedene. Werden aus derlei Krystallen Stäbchen geschnitten, so wird die Länge derselben bei der Erwärmung von 100° um einen Bruchtheil $\varkappa$ sich vergrössern, dessen Werth für die gewählte Richtung gilt. In dem seltenen Falle der Verkürznng ist $\varkappa$ negativ. Die Versuche von Pfaff und Fizeau, besonders die genauen Messungen des letzteren haben das Resultat ergeben, dass die Ausdehnung bei allen Krystallen innerhalb der gewöhnlich angewandten Temperaturgrenzen so erfolgt, dass die Symmetrie der Krystalle nicht geändert wird.

Tesserale Krystalle erfahren eine gleichförmige Volumänderung. Die Winkel der Flächen bleiben bei allen Temperaturen dieselben. Eine Kugel aus einem solchen Krystall geschnitten, bleibt auch beim Erwärmen eine Kugel.

Krystalle von wirteligem Baue haben in allen zur Hauptaxe senkrechten Richtungen dieselbe, parallel zur Hauptaxe aber eine andere Ausdehnnng. Quarz lieferte parallel der Hauptaxe $\varkappa = 0{\cdot}000781$ und senkrecht dazu $\varkappa' = 0{\cdot}001419$. Kalkspath lieferte $\varkappa = 0{\cdot}002621$ und $\varkappa' = -0{\cdot}000540$. Dieser zieht sich also bei der Erwärmung in allen zur Hauptaxe senkrechten Richtungen zusammen, doch

vergrössert sich sein Volumen. Wird aus einem Krystall von wirteligem Baue eine Kugel geschnitten, so verwandelt sich dieselbe beim Erwärmen in ein Rotationsellipsoid. Beim Quarz ist es ein abgeplattetes, beim Kalkspath ein verlängertes. An Krystallen dieser Abtheilung ändern sich die Winkel der Prismenzone und die rechten Winkel zwischen dieser und der Basis gar nicht, während die Winkel aller zur Hauptaxe geneigten Formen, also jene der Pyramiden, Rhomboëder etc., sich ändern. Die Polkante des Grundrhomboëders am Kalkspath wird nach Mitscherlich bei der Erwärmung um 100° C. um $8^1/_2$ Minuten, jene des Eisenspathes blos um $2^1/_2$ Minuten schärfer, die Rhomboëder werden demnach spitzer.

Krystalle von einfacherem Baue dehnen sich nach einer bestimmten Richtung am stärksten, nach einer dazu senkrechten am schwächsten aus. Nimmt man noch eine zu den beiden vorigen senkrechte Richtung von mittlerer Ausdehnung hinzu, so hat man die drei thermischen Axen. Diese liegen in rhombischen Krystallen parallel den Krystallaxen, im monoklinen ist eine davon senkrecht zur Symmetrieebene, also parallel der Queraxe, im triklinen System ist die Lage unbestimmt. Beim Aragonit hat man für α die drei Werthe bezüglich der Axen: 0·001016, 0·001719, 0·003460. Eine Kugel, welche aus Krystallen von einfacherem Baue geschnitten wird, verwandelt sich beim Erwärmen in ein dreiaxiges Ellipsoid. Die Flächenwinkel dieser Krystalle ändern sich im triklinen System insgesammt, im monoklinen Systeme bleiben blos die rechten Winkel erhalten, welche die Längsflächen mit anderen Flächen bilden, im rhombischen Systeme blos die rechten Winkel zwischen den Endflächen unverändert. Dass das Krystallsystem dabei unverändert bleibt, wurde an mehreren Beispielen wie Orthoklas, Augit, Gyps (monoklin) und von Beckenkamp am Anorthit, Axinit (triklin) erwiesen.

Eine merkwürdige Erscheinung, welche manche Krystalle bei der Erhitzung zeigen, ist die Umlagerung von Theilchen in die Zwillingsstellung. Klein beobachtete am Boracit, Mallard am Glaserit, Mügge am Anhydrit das Entstehen von Zwillingslamellen beim Erhitzen. Umgekehrt wurde am Calcit das Verschwinden von Zwillingslamellen beim Erwärmen wahrgenommen. Die Verschiebung der Theilchen, welche durch Druck hervorgebracht werden kann **(85)**, erfolgt demnach auch öfters durch Erwärmung.

Zwillingskrystalle verhalten sich wie einfache Krystalle, wofern sich die Individuen an der Zwillingsebene berühren. Ist dies nicht der Fall, sind die Individuen des Zwillings mit anderen Flächen aneinander gelagert, so werden derlei Zwillinge bei Temperaturänderungen sich krümmen, ähnlich wie bei dem Versuche Fresnels, welcher zwei Gypsplättchen in gekreuzter Stellung zusammenleimte und sodann erwärmte.

In den mehrfach zusammengesetzten Zwillingen und in den mimetischen Krystallen, in welchen die Individuen ganz verschränkt sind und keine Krümmungen gestatten, werden bei jeder Temperatur, welche von der Entstehungstemperatur des Krystalles verschieden ist, Spannungen vorhanden sein. Diese würden sich bei grösserer Stärke optisch anzeigen **(132)**.

138. Aenderungen der Temperatur sind auch mit Aenderungen der optischen Elasticität verbunden und dementsprechend wird auch die Lichtbrechung in Krystallen durch die Temperatur beeinflusst. Die Untersuchungen von Rudberg, Fizeau, van der Willigen, Stefan, Arzruni ergeben eine Abnahme der Brechungsquotienten mit dem Steigen der Temperatur bei allen Krystallen mit Ausnahme des Kalkspathes, der eine Zunahme zeigt. Dabei ist ein Zusammenhang zwischen Ausdehnung und Aenderung der Brechungsquotienten keineswegs zu bemerken.

Der Einfluss der Temperatur auf die Verhältnisse der Lichtbrechung zeigt sich namentlich in den Aenderungen, welche die Grösse des Winkels der optischen Axen, die Lage der Axenebene und der Mittellinien erfahren.

Die rhombischen Krystalle erlauben blos Aenderungen im Axenwinkel. Eine merkliche Vergrösserung desselben durch Temperaturerhöhung wurde schon vom älteren Soleil am Cerussit beobachtet. Von den monoklinen Krystallen wurde zuerst der Gyps durch Mitscherlich geprüft. Die Untersuchung wird mit dem auf pag. 179 in Fig. 296 dargestellten Apparate ausgeführt. Descloizeaux, welcher viele Beobachtungen in dem thermisch-optischen Gebiete angestellt hat, erkannte, dass beim Erwärmen einer Gypsplatte jenes Axenbild, welches auf Taf. II. in Fig. *D* links liegt, sich schneller gegen innen zu bewegt als das andere Axenbild, dass also die erste Mittellinie sich nach rechts bewegt. Bei 115° vereinigen sich beide Hyperbeln zu einem Kreuz und gehen bei höherer Temperatur in einer Ebene auseinander, welche zur vorigen Axenebene senkrecht ist. Beim Eintritt in die neue Ebene gehen die Axen für blau voran, jene für roth folgen nach. Beim Abkühlen folgen alle Erscheinungen umgekehrt. Aehnlich wie der Gyps verhält sich der Glauberit. Im Adular vom Gotthard verkleinert sich der Axenwinkel bei der Erwärmung, wird hierauf Null und bei Temperaturen über 200° sind beide Axen in eine zur vorigen senkrechte Ebene übergetreten, während ihr Winkel sich vergrössert. Die Axen für blau gehen voran. Abkühlung führt Alles in verkehrter Folge zum ursprünglichen Zustande zurück; wenn aber die Erhitzung bis zur Rothgluth getrieben worden ist, bleibt die eingetretene Aenderung permanent und die Platte zeigt jetzt die Axen in der neuen Ebene, es ist die Symmetrieebene. Merkwürdig ist die Thatsache, dass einige Krystalle, deren Form sich einem Krystallsysteme von höherem Symmetriegrade nähert, beim Erhitzen ein optisches Verhalten annehmen, welches dieser letzteren Symmetrie entspricht. Beim Abkühlen kehrt der ursprüngliche Zustand zurück. Nach Mallard wird Boracit (mimetisch tesseral) bei 265° einfach brechend, Glaserit (rhombisch) bei 650° optisch einaxig, Kalisalpeter (rhombisch) beim Erweichen auch einaxig. Nach Klein wird Leucit (mimetisch tesseral) beim Erhitzen einfach brechend, nach Merian wird Tridymit (mimetisch hexagonal) optisch einaxig.

Demnach werden hier die Krystallmolekel, welche schon bei gewöhnlicher Temperatur ähnlich gelagert sind, wie in einem System höherer Ordnung, durch Erhitzen vorübergehend in die letztere Stellung gebracht. Dass durch Erwärmen auch die Drehung der Polarisationsebene im Quarz beeinflusst wird, haben Fizeau, v. Lang, Sohncke gezeigt.

Digitized by Google

Lit. Arzruni, Zeitschr. f. Krystallogr. Bd. 1, pag. 165. Fletcher, ebendas. Bd. 4, pag. 337. Beckenkamp, ebendas. Bd. 5, pag. 436. Descloizeaux, Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux. Paris 1867. Klein, Jahrb. f. Min. 1884, Bd. I, pag. 182. Göttinger Nachrichten, 1884, pag. 129. Mallard, Bull. soc. min. Bd. 5, pag. 144 und 216. Mügge, Jahrb. f. Min. 1883, Bd. II, pag. 258. Merian, ebendas. 1884, Bd. I, pag. 193. Sohncke, Wiedem. Ann. Bd. 3, pag. 516.

139. Schmelzen und Verdampfen. Durch Erwärmen können viele starre Körper in Flüssigkeiten verwandelt werden. Der Uebergang ist meist ein plötzlicher, indem aus dem starren Körper sogleich eine Flüssigkeit entsteht. Die Temperatur, bei welcher dies geschieht, die Schmelztemperatur oder der Schmelzpunkt ist sehr verschieden, wie dies folgende Beispiele zeigen, in welchen die höheren Temperaturen von Pouillet bestimmt sind:

Schmiedeeisen	1600°	Blei	334°
Gold	1200	Wismut	270
Kupfer	1090	Schwefel	115
Silber	1000	Eis	0
Antimon	425	Quecksilber	−39.

Die Temperatur beim Schmelzen und jene beim Erstarren sind unter gewöhnlichen Umständen gleich. Quecksilber erstarrt also bei —39°, Wasser bei 0°, flüssiger Schwefel bei 115°.

Minerale von hohem Schmelzpunkte werden in einer bestimmten Flamme schwer oder gar nicht schmelzen, während Minerale von niederem Schmelzpunkte darin zerfliessen. Bei Anwendung derselben Flamme werden sich demnach verschiedene Grade der Schmelzbarkeit ergeben, welche zur Charakterisirung der Minerale ungemein dienlich sind. Als constante Flamme benützt man entweder die Flamme einer Kerze mit starkem Dochte, welche mit dem Löthrohr angeblasen wird, oder wenn man stets Leuchtgas zur Disposition hat, dem Vorschlage Bunsen's gemäss, den blauen Saum der Gasflamme des Bunsen'schen Brenners. Die zu prüfenden Minerale werden in der Form feiner Splitter von möglichst gleicher Grösse angewandt und entweder in eine Pincette mit Platinspitzen gethan oder in das Ohr eines feinen Platindrahtes gefasst. Minerale von metallischem Aussehen werden auf eine Unterlage von Holzkohle gebracht.

Kobell hat eine sehr praktische Scala der Schmelzbarkeit angegeben:

1. Antimonglanz schmilzt schon in der gewöhnlichen Kerzenflamme.
2. Natrolith, stängliger, schmilzt in der Löthrohrflamme leicht zur Kugel.
3. Almandin, rother Granat, gibt vor dem Löthrohr ein Kügelchen.
4. Strahlstein schmilzt v. d. L. am Ende des feinen Splitters zu einem runden Köpfchen.
5. Orthoklas schmilzt v. d. L. an den Kanten und in feiner Spitze.
6. Bronzit zeigt auch in feinen Splittern kaum Spuren von Schmelzung.
7. Quarz, vollständig unschmelzbar.

In einer stärkeren Flamme werden begreiflicherweise andere Resultate erzielt. In der Knallgasflamme schmilzt Platin, dessen Schmelztemperatur zu 2500° angenommen wird, ebenso schmilzt Quarz darin, Bronzit mit Leichtigkeit. Die gewöhnlichen Angaben bei der Beschreibung der Minerale beziehen sich jedoch immer auf die Löthrohrflamme.

Manche Minerale lassen sich unverändert schmelzen und kehren nach dem Erstarren wieder in den früheren Zustand zurück, wie das Steinsalz, andere sind nach dem Schmelzen verändert, wie die Granate, welche im ursprünglichen Zustande durch die gewöhnlichen Säuren unzersetzbar sind, umgeschmolzen aber durch Säuren zersetzt werden. Viele Minerale zeigen beim Erhitzen eine auffällige Veränderung, wie der Gyps, welcher dabei trübe wird und Wasserdämpfe ausgibt, oder wie der Pyrit, der Bernstein, welche sich beim Erhitzen an der Luft entzünden und verbrennen.

Die starren Minerale, welche sich unverändert verflüchtigen lassen, liefern einen Dampf, der beim Abkühlen dieselbe Substanz in der Form von Pulver oder von kleinen Krystallen absetzt (**10**). Der Vorgang wird Snhlimation genannt. Schwefel, Arsenit lassen sich sublimiren, bei höheren Temperaturen auch andere Verbindungen, wie Bleiglanz.

Die flüssigen Minerale zeigen bei höheren Temperaturen die Erscheinung des Siedens. Die Siedetemperatur ist bei hestimmtem Drncke eine constante. Bei Normalbarometerstand siedet Quecksilber bei 350°, Schwefel bei 450°, Wasser bei 100°. Lösungen von Salzen in Wasser haben einen höheren Siedepunkt, z. B. eine gesättigte Kochsalzlösung 108°, eine ges. Salpeterlösung 115°.

140. Elektricität. Alle starren Minerale, sowie allgemein die starren Körper, zeigen die Eigenschaft, nach dem Reiben leichte Körper anzuziehen und überhaupt in den elektrischen Zustand zu gerathen. Der Versuch gelingt jedoch bei den einen, welche die Elektricität schlechter leiten, wie Bernstein, Quarz ohne weiteres, indem das Mineral in der Hand gehalten wird, während die anderen, welche gute Leiter sind, wie die Metalle, zuvor in eine Fassung oder auf eine Unterlage von Harz, Glas u. s. w. gebracht (isolirt) werden müssen. Die ersten genaueren Versuche rühren von Aepinus, Hauy, Brewster her. Der elektrische Zustand ist bekanntlich zweierlei: positiv, wie am geriebenen Quarz und Glas, oder negativ, wie am geriebenen Schwefel und Bernstein. Diese beiden Elektricitäten sind einander entgegengesetzt, heben einander auf.

Um geringere Grade der elektrischen Erregung zu erkennen, bedient man sich nach Hauy des elektrischen Pendels, welcher aus einer isolirten, horizontal beweglichen Metallnadel besteht, oder eines Elektroskops, von welchen das durch Behrens construirte, nach der Modification durch Riess am empfindlichsten ist und zugleich die Art der Elektricität angibt, oder endlich des Thomson'schen Elektrometers.

Sowie durch Reibung werden die Minerale auch durch Schaben, Spalten, Zerbrechen und Zerreissen elektrisch. Werden Blättchen von Gyps oder Glimmer abgespalten, so zeigt sich die eine Spaltfläche positiv, die andere

Digitized by Google

negativ elektrisch. Druck erregt ebenfalls Elektricität, wie dies am Aragonit, Flussspath, Quarz, besonders aber am durchsichtigen Kalkspath beobachtet wurde, welcher letztere schon durch den Druck zwischen den Fingern elektrisch wird. Turmalinkrystalle geben nach den Versuchen von J. nnd P. Curie bei der Pressung an den beiden Enden verschiedene Elektricitäten.

141. Durch Erwärmung oder Abkühlung der Krystalle schlecht leitender Minerale wird ebenfalls eine elektrische Erregung veranlasst. Die Erscheinungen werden als Pyroëlektricität zusammengefasst. Am bekanntesten ist das Verhalten des Turmalins. Durchsichtige und halbdurchsichtige Stücke desselben sind bei gleichbleibender Temperatur unelektrisch, beim Erwärmen wird jeder Krystall an einem Ende positiv, am anderen aber negativ elektrisch. Beim Umschlag der Temperatur ist er wieder unelektrisch, beim Abkühlen aber zeigt sich an jedem der beiden Enden eine Elektricität, welche der beim Erwärmen daselbst auftretenden entgegengesetzt ist. G. Rose nannte hier und in ähnlichen Fällen den beim Erwärmen positiv werdenden Pol analog, den anderen antilog.

Die Beobachtungen von Köhler, G. Rose und von Riess, namentlich aber die ausführlichen, mühevollen Untersuchungen Hankel's haben gezeigt, dass an den Krystallen durch Temperaturwechsel ganz allgemein beide Elektricitäten entstehen, welche auf der Oberfläche oft mannigfaltig vertheilt sind, jedoch immer so, dass gleiche Flächen, Kanten, Ecken ein gleiches Verhalten darbieten, wonach also die elektrische Erregung genau der Symmetrie des Krystalles folgt.

Der monokline Krystall von Gyps, Fig. 314 auf pag. 193, wird auf der Längsfläche negativ, während die anderen Flächen positiv werden. Der monokline Diopsid von Ala (vergl. Fig. 60) verhält sich wie Gyps, der Diopsid aus dem Zillerthal hingegen umgekehrt, er wird auf der Längsfläche positiv, auf der Querfläche negativ. Der rhombische Aragonit, Fig. 319, wird auf der Längsfläche negativ, auf der vorderen Kante des aufrechten Prisma positiv. Ein beiderseits ausgebildeter Topaskrystall wird nach Hankel an beiden Enden positiv, ein abgebrochener Krystall, der an einem Ende die Spaltfläche 001 zeigt, wird auf dieser negativ. Vesnvian (tetragonal) wird auf der Endfläche positiv, auf den Säulenflächen negativ. Entsprechend verhält sich der Smaragd (hexagonal). Der Kalkspath (rhomboëdrisch) wird in den meisten Krystallen am Pol des Rhomboëders positiv, seitlich negativ. Manche Krystalle verhalten sich entgegengesetzt. Holoëdrisch tesserale Krystalle zeigen keine Pyroëlektricität, wohl aber die hemiëdrischen. Blende (tetraëdrisch) entwickelt an den Ecken des Tetraëders eine andere Elektricität als auf den Flächen.

Dass die hemimorphen Krystalle wie jene des Turmalins und des Kieselzinkerzes an den Enden entgegengesetzte Elektricitäten zeigen, sich also polar verhalten, folgt schon aus dem allgemeinen Gesetze.

Während bei der Untersuchung mit elektroskopischen Vorkehrungen die Vertheilung der Elektricitäten auf den Krystallen anschaulich zu machen unmöglich ist, gelingt dies nach der von Kundt angegebenen Bestäubungsmethode. Die in Erwärmung oder in Abkühlung begriffenen Krystalle oder Krystallplatten

Digitized by Google

werden mit einem Pulver, das ein Gemenge von Schwefel und Mennige ist und durch ein Sieb von Baumwolle-Mousselin fällt, bestäubt. Dabei wird Schwefel negativ, Mennige positiv elektrisch. An den bestäubten Stellen werden demnach die positiven Stellen gelb, die negativen roth. Die Druckelektricität kann gleichfalls durch Bestäuben ersichtlich gemacht werden.

Fig. 333 zeigt das Ansehen eines abkühlenden Turmalinkrystalles nach dem Bestäuben. Der elektrisch neutrale Gürtel ist frei von Pulver. Fig. 334 gibt das Verhalten eines einfachen Quarzkrystalles unter denselben Umständen an. Die Kanten, an denen die Trapezflächen und Rhombenflächen auftreten, werden beim Abkühlen negativ, die damit abwechselnden positiv elektrisch. Da jedoch die Mehrzahl der Quarzkrystalle aus mehreren Individuen besteht, so ergeben solche Krystalle nach dem Bestäuben oft bunte Zeichnungen. Fig. 335 liefert

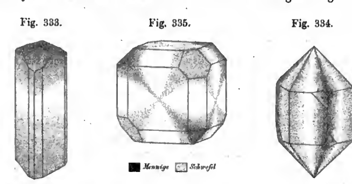


Fig. 333. Fig. 335. Fig. 334.

das Bild eines bestäubten Boracitkrystalles. Die Ecken mit den grösseren glatteren Flächen werden beim Abkühlen positiv, die anderen vier negativ elektrisch. Interessant ist die Beobachtung, dass der mimetische Boracit beim Erwärmen über 265° C. hinaus, da er einfach brechend, also tesseral geworden **(138)**, keine Elektricitätsentwicklung mehr zeigt.

Gaugain fand, dass der Turmalin bei stärkerer Erhitzung nicht mehr elektrisch erscheint, weil er leitend wird und die beiden Elektricitäten sich ausgleichen. Hankel hat auch beobachtet, dass mancher Flussspath durch den Einfluss des Lichtes elektrisch erregt wird, ferner, dass nicht nur die geleitete, sondern auch strahlende Wärme am Bergkrystall Elektricität entwickelt.

Um die Leitungsfähigkeit nach verschiedenen Richtungen an Krystallen zu prüfen, bestreute Wiedemann die einzelnen Flächen derselben mit einem feinen, schlechtleitenden Pulver, z. B. Lycopodiumsamen, und theilte einer darauf gesetzten Nadelspitze Elektricität mit. In der Richtung der besseren Leitung wird das Pulver stärker fortgeschleudert, und so bilden sich um die Nadelspitze entblösste Stellen, die entweder elliptisch oder kreisförmig sind. Es zeigte sich dieselbe Beziehung zur Krystallform wie bei den Sénarmont'schen Versuchen über Wärmeleitung **(136)**.

Lit. Riess, Die Lehre von der Reibungselektricität. Berlin 1853. Köhler, Pogg. Ann. Bd. 17. G. Rose u. Riess, ebendas. Bd. 59. Hankel, Abhandlungen

der math.-phys. Classe der k. sächs. Gesellsch. d. Wiss. seit 1857. Friedel, Bulletin d. l. soc. minéralogique. Bd. 2. pag. 31. (1879). Gaugain, Annales de chim. et phys. (3) Bd. 57. pag. 5. (1859). Wiedemann, Pogg. Ann. Bd. 76. pag. 77. J. u. P. Curie, Comptes rend. Bd. 102. pag. 350 (1881). Kundt, Wiedem. Ann. Bd. 20. pag. 592. Mack, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 8. pag. 503. (Boracit) Kolenko, ebendas. Bd. 9. pag. 1. (Qnarz).

142. Galvanismus. Die Minerale, welche sehr gute Leiter der Elektricität sind, vermögen unter bestimmten Bedingungen einen elektrischen Strom zu erregen. Man erkennt das Vorhandensein des Stromes am leichtesten durch die Ablenkung einer Magnetnadel, daher man sich für die folgenden Versuche eines Galvanometers bedient.

Werden zwei gut leitende Minerale, z. B. zwei von den Mineralen Kupfer, Kupferkies, Eisenkies, Bleiglanz mit einander einerseits in Berührung gebracht, andererseits an den freien Enden mit einem Metalldraht verbunden, und wird hierauf die Berührungsstelle der beiden Minerale erwärmt, so erhält man einen Strom, dessen Gegenwart an einem in den Draht eingeschalteten Galvanometer erkannt wird. Auf solche Weise hervorgebrachte Ströme werden Thermoströme genannt.

Wenn zwei der genannten Minerale einerseits mit einander in Berührung gebracht oder durch einen Draht verbunden werden, während die freien Enden derselben in eine Salzlösung oder eine verdünnte Säure getaucht sind, so entsteht ein elektrischer Strom, der wie im vorigen Falle controlirt werden kann.

Da die Berührung leitender Minerale auf Erzgängen nicht selten vorkömmt und solche Minerale auf ihrer Lagerstätte von Lösungen bespült werden, so ist die Möglichkeit galvanischer Ströme auf Erzgängen vorhanden. Dies ist von einiger Bedeutung, weil solche Ströme bekanntlich die Lösungen zersetzen, also chemische Veränderungen hervorrufen.

Die Leitungsfähigkeit für den galvanischen Strom ist dieselbe wie für die Reibungselektricität. Aus den Zahlen, welche man durch Beobachtungen des Stromes in guten Leitern erhalten hat, ergibt sich, dass die Leitungsfähigkeit für die Elektricität dieselbe ist, wie für Wärme. Wird wiederum die Leitungsfähigkeit des Silbers = 100 gesetzt, so geben die von Matthiessen für die Elektricität erhaltenen Zahlen die erste Columne, während in der zweiten die früher (136) von Wiedemann und Franz für Wärme erhaltenen angeführt sind.

Silber	100.0	100.0	Eisen	14.4	11.9
Kupfer	77.4	73.6	Blei	7.8	8.5
Gold	55.9	53.2	Platin	10.5	8.4
Zinn	11.5	14.5	Wismut	1.2	1.8

Um zu erkennen, ob ein Material zu den guten Leitern gehört, nimmt man nach Kobell ein frisch geschlagenes Stückchen zwischen die Enden eines hufeisenförmig gebogenen Zinkstreifens (Zinkkluppe) und taucht es in eine Lösung von Kupfervitriol. Gute Leiter, wie Schwefelkies, Bleiglanz, Magnetit, bedecken sich mit einer Schichte von gediegenem Kupfer.

Digitized by Google

143. Magnetismus. Manches Magnoteisenerz, und zwar immer solches, das in einer beginnenden Veränderung begriffen ist, hat die Eigenschaft, Eisenfeilspäne anzuziehen und festzuhalten. Wird ein solches Stück an einem Faden anfgehängt, so orientirt sich dasselbe wie eine Magnetnadel. Auch ohne diesen Versuch erfährt man durch Prüfung mit einer Magnetnadel aus der Anziehung und Abstossung, dass ein Nord- nnd Südpol vorhanden ist, dass also das Mineral polarmagnetisch ist. Kein anderes Mineral zeigt diese Eigenschaft in solchem Grade. Manches Platin, mancher Magnetkies lassen einen schwachen polaren Magnetismus erkennen.

Einige Minerale wirken auf beide Pole der Magnetnadel anziehend und werden von einem kräftigen Magneten angozogen, verhalten sich also wie Eisen, zeigen einen einfachen Magnetismus. Die Anziehung ist am stärksten am Eisen, gut erkennbar am gewöhnlichen Magneteisenerz und am Magnetkies, schwieriger am Eisenglanz, Rothoisonerz.

Zur Prüfung von geringen Graden des einfachen Magnetismus wird nach Hauy eine Magnetnadel angewandt, deren einem Pol der gleichnamige einos Magnetstabes in der Richtung der Axe genähert wurde, so dass dio Nadel auf dem Punkte ist, in Folge dor Abstossung umzuschlagen. (Doppelter Magnetismns.) Eine in solcher Art empfindlich gemachte Nadol gibt Ausschläge bei Annäherung sehr schwach magnetischer Körper.

Nach dem Glühen oder Schmelzen werden Minerale von beträchtlichem Eisengehalte, wie z. B. dunkler Granat, Augit, einfach magnetisch, daher bedient man sich öfters der Magnetnadol bei der Bestimmnng der Minerale.

Gesteine, in welchen Magnetoisenerz in erheblicher Menge vorhanden ist, wirken oft schon in grösserer Entfernung anf die Magnetnadel, zuweilen macht sich an einzelnen Gesteinsblöcken oder an ganzen Bergen ein polarer Magnetismns bemerklich in der Weise, dass zwei oder eine grössore Anzahl von Polen durch die Magnetnadel daran erkannt werden.

Der oinfache Magnotismus, wolcher nach den früheren Erfahrungen blos einigen wenigen Mineralen eigenthümlich zu sein schien, ist aber, wie Faraday zeigte, eine allgomeine Eigenschaft der Körper, indem die einen vom Magnete angezogen werden, paramagnetisch sind, während die anderen vom Magnete abgestossen werden, diamagnetisch sind. Zur Untersuchung dieses Verhaltens dienen sehr kräftige Elektromagnete, welchen die zu untersnchenden Körper als Krystalle oder in der Form von Kügelchen oder Stäbchen ausgesotzt werden. Kügelchen werden von den einzelnen Polen angezogen oder abgestossen, Stäbchen stellen sich zwischen den Polen im Falle der Anziehung mit ihrer Längsaxe in die Verbindungslinio der Pole (axial) oder im Falle der Abstossung senkrecht zur vorigen Richtung (äquatorial). An einem und demselben Krystall können verschiedene Grade dor Anziehung oder Abstossung vorkommen, bisweilen Anziehnng in der einen, Abstossung in dor anderen Richtung. Durch die Versncho von Faraday, Plücker, Grailich und v. Lang wurde gezeigt, dass die Vertheilung der magnetischen Wirknng in den Krystallen vollständig der Symmetrie des Baues entspricht.

Tesserale Krystalle werden nach allen Richtungen in gleichem Grade angezogen oder abgestossen. So z. B. verhält sich das tesserale Magneteisenerz nach allen Richtungen gleich paramagnetisch. Krystalle von wirteligem Baue verhalten sich in allen zur Hauptaxe senkrechten Richtungen gleich, parallel zur letzteren aber anders. Spatheisenstein (rhomboëdrisch), Turmalin (rhomboëdrisch) und Vesuvian (tetragonal) sind paramagnetisch, doch stellt sich die Hauptaxe bei dem ersten axial, bei den beiden anderen äquatorial. Wismut und Kalkspath, beide rhomboëdrisch und diamagnetisch, orientiren sich verschieden, das erste stellt die Hauptaxe axial, der zweite äquatorial. Die Krystalle von einfacherem Baue zeigen in drei zu einander senkrechten Richtungen stets verschiedenes Verhalten. Am Aragonit (rhombisch), welcher diamagnetisch ist, wurden die grössten Unterschiede der Abstossung bemerkt, als die Wirkung parallel den drei Krystallaxen geprüft wurde. Die aufrechte Axe *c* wirkt am stärksten, die Längsaxe *a* am schwächsten.

Die Ebene, in welcher die Richtung der stärksten und jene der schwächsten Anziehung liegt, ist der Ebene der optischen Axen analog. Sie liegt aber in den rhombischen und den übrigen optisch zweiaxigen Krystallen bald parallel, bald senkrecht zur letzteren.

Amorphe Minerale verhalten sich wie die tesseralen. Durch Pressung erhalten sie jedoch eine bestimmte Orientirung, ähnlich wie bei der Einwirkung der Wärme und des Lichtes.

Eine wichtige Anwendung des Magnetismus findet bei der Trennung von Mineralgemengen statt. Seit langer Zeit bedient man sich des gewöhnlichen Hufeisenmagnetes, um gediegenes Eisen aus dem Pulver der Meteoriten oder um das Magneteisenerz oder den Magnetkies aus dem Pulver der Gesteine herauszuziehen. Fouqué hat zuerst den Elektromagneten angewandt, um nach dieser Operation fernere eisenhaltige Minerale, wie Augit und Olivin, von den eisenfreien, wie die Feldspathe, zu trennen.

Plücker, Poggend. Ann. Bd. 72, 74. Philos. Transactions. f. 1858. Greiss, Pogg. Ann. Bd. 98. Faraday, Experimental researches. Ser. 22. Knoblauch und Tyndall, Pogg. Ann. Bd. 81. Grailich u. v. Lang, Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 32, pag. 43. Fouqué, Memoires d. l. Académie fr. Bd. 22, No. 11.

144. Bestimmung des specifischen Gewichtes. Das Gewicht der Volumeinheit: specifisches Gewicht, Eigengewicht, Volumgewicht, ist für jedes einfache Mineral eine bestimmte Grösse, wofern immer bei derselben Temperatur gewogen wird. Nimmt man als Volumeinheit den Kubikcentimeter, als Gewichtseinheit das Gramm, so sind die Zahlen für das specifische Gewicht dieselben, wie für die Dichte, wofern man unter dieser das Verhältnis zwischen dem Gewichte eines Körpers und dem Gewichte eines gleich grossen Volumens reinen Wassers versteht.

Von den Methoden der Bestimmung des specifischen Gewichtes wären vier hervorzuheben, welche durch die Anwendung der hydrostatischen Wage, des Pyknometers, des Aräometers und der schweren Flüssigkeiten bezeichnet sind.

Digitized by Google

Die hydrostatische Wage erlaubt, das absolute Gewicht M des zu prüfenden Minerals zu bestimmen, ferner das Mineral mittels eines dünnen Fadens an die eine Wagschale zu hängen und nach hergestelltem Gleichgewichte das Mineral in reines Wasser zu tauchen. Da jetzt das Mineral leichter geworden zu sein scheint, so hat man, um wiederum Gleichgewicht herzustellen, auf die Wagschale, an welcher das Mineral hängt, ein Gewicht a aufzulegen. Das specifische Gewicht ist demnach

$$s = M : a.$$

Bei der Anwendung dieser Methode ist darauf zu achten, dass das angewandte Mineral ein Aussehen besitzt, welches das Vorhandensein von fremden Beimengungen oder von Hohlräumen ausschliesst. An dem eingetauchten Stücke sollen keine Luftbläschen haften. Man vermeidet sie dadurch, dass man das Stück vor dem Eintauchen mit Wasser einreibt. Die Vorschläge von A. Gadolin und vom Autor, statt der Gewichte einen Läufer, wie bei der römischen Wage, anzuwenden, ferner der Vorschlag von Jolly, die Wage sammt Gewichten durch eine schraubenförmige Feder zu ersetzen, haben den Zweck, in den Fällen, da eine beiläufige Bestimmung hinreicht, die hydrostatische Wage und auch die Gewichte zu ersparen.

Die beste und daher am häufigsten benutzte Methode ist die des constanten Glases oder Pyknometers. Letzteres ist ein niederes Fläschchen, welches mit einem eingeschliffenen Stöpsel, der einen feinen Canal hat, genau geschlossen werden kann. Das Gewicht P des mit Wasser gefüllten Pyknometers hat man ein- für allemal bestimmt. Das Mineral wird in der Form feiner Splitter oder in Pulverform angewandt. G. Rose hat gezeigt, dass die Befürchtung, im letzteren Falle zu hohe Zahlen zu erhalten, nicht begründet sei.

Wenn das Mineral, dessen Gewicht $= M$, in das leere Pyknometer eingetragen, der übrige Raum genau mit Wasser gefüllt und das Gewicht G des Ganzen ermittelt wird, so ist:

$$s = \frac{M}{P + M - G}.$$

Bei dieser Art der Bestimmung wird man wieder die Reinheit des Minerales berücksichtigen, doch ist dieselbe durch Auslesen der Splitter zu erreichen, auch werden etwa vorhanden gewesene Höhlungen dadurch unschädlich gemacht. Im Uebrigen wird man vorzüglich darauf achten, dass bei der Bestimmung von P und G genau dasselbe Verfahren und bei den beiden Füllungen mit Wasser dieselbe Temperatur beobachtet wird. Zur Entfernung der dem Mineral anhängenden Luftblasen bringt man das Pyknometer iu die Luftpumpe oder kocht aus. Mittels des Pyknometers können auch Minerale, die ein geringeres spec. Gew. als das Wasser besitzen, geprüft, ferner kann auch das spec. Gew. von Flüssigkeiten bestimmt werden. Im letzteren Falle hat man blos das Gewicht F des mit dem flüssigen Mineral erfüllten Pyknometers zu bestimmen und auch das leere Pyknometer, dessen Gewicht L wäre, zu wägen; und es ist

$$s = \frac{F - L}{P - L}.$$

Digitized by Google

In früherer Zeit wurden die Bestimmungen öfters mit der Senkwage oder dem Nicholson'schen Aräometer ausgeführt. Das vertical schwimmende Instrument wird durch ein auf die obere Schale gelegtes Gewicht N bis zu einer Marke eingesenkt. Das angewandte Mineral muss leichter sein als N. Wird es anstatt des Gewichtes auf die obere Schale gelegt, so müssen m Gramme dazu gelegt werden, um das vorige Einsenken zu bewirken. Wenn hierauf das Mineral auf die untere Schale gebracht wird, so dass es von Wasser umgeben ist, so wird man auf der oberen Schale a Gramme zuzulegen haben, um wieder das Eintauchen bis zur Marke hervorzubringen.

$$s = \frac{N - m}{a}.$$

Das spec. Gewicht von Mineralen, welche im Wasser löslich sind, wird nach einem der genannten Verfahren bestimmt, indem man als Flüssigkeit Weingeist oder Steinöl anwendet und die erhaltene Zahl mit dem spec. Gewicht der angewandten Flüssigkeit multiplicirt.

In Folgendem sind einige wichtige Minerale nach steigendem specifischen Gewichte angeordnet:

0·6 .. 1·0	Steinöl, Erdwachs, Wasser.
1·0 .. 1·5	Harze, Kohlen, Soda, Glaubersalz.
1·5 .. 2·0	Alaun, Borax, Salpeter, Salmiak, Eisenvitriol.
2·0 .. 2·5	Gyps, Steinsalz, Leucit, Zeolithe, Graphit, Schwefel.
2·5 .. 2·8	Quarz, Feldspathe, Nephelin, Beryll, Serpentin, Talk, Calcit.
2·8 .. 3·0	Aragonit, Dolomit, Anhydrit, Tremolit, Glimmer, Boracit.
3·0 .. 3·5	Fluorit, Apatit, Hornblenden, Augite, Olivin, Epidot, Turmalin, Topas, Diamant.
3·5 .. 4·0	Siderit, Malachit, Azurit, Limonit, Korund.
4·0 .. 4·5	Baryt, Rutil, Chromit, Kupferkies, Blende.
4·5 .. 5·5	Eisenglanz, Pyrit, Markasit, Antimonit, Fahlerz.
5·5 .. 6·5	Magnetit, Cuprit, Misspickel, Kupferglanz, Rothgiltigerz.
6·5 .. 8·0	Weissbleierz, Zinnstein, Bleiglanz, Silberglanz, Eisen.
8·0 .. 10·0	Zinnober, Kupfer, Wismut.
10·0 .. 14·0	Silber, Blei, Quecksilber.
15·0 .. 21·0	Gold, Platin.
21·0 .. 23·0	Iridium.

145. Das spec. Gewicht vieler Minerale lässt sich auch durch Beobachtung des Schwimmens in schweren Lösungen ermitteln. Das Mineral wird in kleinen Stückchen oder in Pulverform in eine solche Lösung gebracht, auf der es anfänglich oben schwimmt. Durch Verdünnen der Lösung und Umrühren gelangt man zu dem Punkte, da das Mineral an jedem Punkte innerhalb der Lösung schwimmt und dabei weder steigt noch fällt. Nunmehr wird die Dichte der Lösung, welche jetzt gleich der des Minerals geworden, pyknometrisch bestimmt. Nach dieser Methode fällt das Abwägen des Minerals weg und es kann die Bestimmung der Dichte auch an winzigen Splittern ausgeführt werden.

Digitized by Google

Für Minerale bis zu dem spec. Gewichte von 3·19 hat Thoulet nach dem Vorgange von Sonnstadt und Church eine Lösung von Kaliumquecksilberjodid vorgeschlagen, welche im Maximum $s = 3·196$ zeigt, während Klein die Lösung von Cadmiumborowolframiat empfiehlt, welche im concentrirtesten Zustande $s = 3·298$ hat. Letztere ist nicht so giftig, wie die vorige, doch löst sie gediegen Eisen und zersetzt Carbonate.

Die Methode der schweren Flüssigkeiten eignet sich vorzüglich zur Trennung der Mineralgemenge, wie sie in den Felsarten vorkommen. Das Gesteinspulver wird in die Lösung gebracht, welcher man durch Verdünnen allmälig verschiedene Dichten ertheilt. Ist diese 2·6, so wird Orthoklas, dessen $s = 2·57$, darauf schwimmen, während Quarz, dessen $s = 2·65$, darin untersinkt. Goldschmidt bedient sich zur Anzeige des spec. Gewichtes der Lösung der Indicatoren, kleiner Mineralstückchen von bekanntem spec. Gewichte in absteigender Folge, welche der Reihe nach zum Sinken kommen. Dölter verbindet die Methode der Lösungen mit der von Fouqué angegebenen Scheidung mittels des Elektromagneten.

Lit. Kohlrausch, Praktische Regeln zur genaueren Bestimmung des specifischen Gewichtes, Marburg 1856. G. Rose, Pogg. Ann. Bd. 73, pag. 1. Schröder, ebendas. Bd. 106, pag. 226, Gadolin ebendas. pag. 213, Aut. Sitzb. d. Wiener Ak. Bd. 47. V. Thoulet, Bull. soc. min. Bd. 2, pag. 189. Klein, ebendas. Bd. 4, pag. 149. Goldschmidt, Jahrb. f. Min. 1881, Beilagebd. I, pag. 179. Dölter, Sitzungsb. d. W. Ak. Bd. 85, pag. 47. Eine Uebersicht der Angaben des spec. Gew. der Minerale lieferte Websky in den Mineralog. Studien, I., Breslau 1868.

III. Mineralchemie.

146. Analyse und Synthese. Die Veränderungen, welche die Minerale erfahren können, sind zum Theil solche, bei denen blos die Form oder der Aggregatzustand wechselt, zum Theil aber sind dieselben substanzielle Veränderungen, bei welchen aus den ursprünglichen Mineralen Körper mit neuen Eigenschaften gebildet werden. Manchmal ist der Vorgang derart, dass aus einem Körper, ohne dass etwas hinzukommt oder verloren geht, zwei oder mehrere neue entstehen. So bildet sich aus dem Kalkspath durch Glühen Kohlensäuregas und Aetzkalk, so wird das Wasser durch den galvanischen Strom in Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zerlegt. Wir drücken das Resultat dieser Versuche so aus, dass wir sagen, der Kalkspath sei in zwei Bestandtheile: in Kohlensäure und Kalk zerlegt worden, das Wasser sei auch in zwei Bestandtheile: in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt worden. Unter Kohlensäure, Kalk, Wasserstoff sind hier blos die Stoffe an sich gemeint, ganz abgesehen davon, ob dieselben gasförmig oder fest oder flüssig erscheinen. Oft ist die Zerlegung eine indirecte. So z. B. liefert Zinnober, wenn man denselben mit viel Eisenfeilspänen mischt und erhitzt, in der Vorlage flüssiges Quecksilber, und man findet ausserdem, dass die Eisenfeilspäne an Gewicht zugenommen haben und schwefelhaltig geworden sind. Die Wägungen zeigen, dass diese Gewichtszunahme mehr dem

Gewichte des erhaltenen Quecksilbers so viel betrage, als der angewandte Zinnober wog. Daraus wird man schliessen, dass der Zinnober in Quecksilber und Schwefel zerlegt wurde.

Das Verfahren der Zerlegung im Allgemeinen nennt man chemische Analyse und unterscheidet jene Zerlegung, welche blos den Zweck hat, die Bestandtheile des geprüften Körpers nachzuweisen, als qualitative Analyse, während jene Zerlegung, bei welcher der ursprüngliche Körper und die erhaltenen Producte dem Gewichte nach bestimmt werden, um das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile zu ermitteln, die quantitative Analyse genannt wird.

Das der Analyse entgegengesetzte Verfahren heisst Synthese. Bei derselben werden die Bedingungen erfüllt, unter welchen Körper sich mit einander verbinden, also aus mehreren Stoffen ein neuer gebildet wird, welcher nun eine höhere Einheit darstellt.

So erhält man durch Vereinigung von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas Wasser, durch Ueberleiten von Kohlensäure über Aetzkalk wieder Kalkspath, durch Erhitzen von Quecksilber mit Schwefel und nachheriges Sublimiren Zinnober. Auch die Synthese ist sehr oft eine indirecte, wie spätere Beispiele zeigen werden. Da die Gewichtsverhältnisse bei der Analyse und Synthese dieselben sein müssen, so dient die Synthese zur Controle der Analyse und umgekehrt. Durch das Zusammenwirken beider erhalten wir eine Vorstellung von der Zusammensetzung der Körper. Beide Methoden wechseln daher bei den chemischen Operationen beständig ab. So ist die vorerwähnte Analyse des Zinnobers auch von einer Synthese begleitet, indem der Schwefel des Zinnobers mit dem Eisen sich zu Schwefeleisen verbindet.

147. Einfache Stoffe. Durch Fortsetzung der Analyse gelangt man zu einer Grenze, welche weder durch ein directes, noch durch ein indirectes Verfahren überschritten werden kann. Man erhält schliesslich Stoffe, welche unseren Mitteln gegenüber unzerlegbar sind und welche demnach als einfache Stoffe oder als Elemente bezeichnet werden. Die bei der Analyse des Wassers erhaltenen beiden Stoffe, nämlich der Wasserstoff und der Sauerstoff, sind nicht weiter zerlegbar, sind also Elemente. Die Analyse des Kalkspathes liefert Kohlensäure und Kalk. Beide Körper können aber noch weiter zerlegt werden. Man weiss nämlich, dass durch Verbrennung der Kohle, bei welcher die Kohle sich mit Sauerstoff vereinigt, Kohlensäure entsteht, ferner, dass durch Verbindung des Metalles Calcium mit Sauerstoff Kalk gebildet wird. Somit besteht der Kalkspath aus Calcium, Kohlenstoff und Sauerstoff. Diese sind aber einfache Stoffe. Die zuvor erwähnten Bestandtheile des Zinnobers, nämlich Quecksilber und Schwefel, sind auch Elemente.

Bisher sind ungefähr 70 einfache Stoffe aufgefunden worden. Darunter bilden zwei, nämlich der Wasserstoff und der Sauerstoff, gleichsam die Muster und den Massstab für die übrigen. Nach dem Verhalten zu diesen beiden werden die anderen classificirt.

Digitized by Google

Die gewöhnlicher vorkommenden mögen hier in 10 Abtheilungen aufgezählt werden:

Wasserstoff (Hydrogenium).

1. Lithium, Natrium, Kalium (Alkalimetalle genannt).
2. Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium, Baryum — Aluminium.
3. Zink, Cadmium, Blei, Zinn, Kupfer.
4. Silber, Quecksilber, Gold, Platin.
5. Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel.
6. Chrom, Vanad, Molybdän, Wolfram, Uran.
7. Wismut, Antimon, Arsen, Phosphor, Stickstoff.
8. Titan, Silicium, Kohlenstoff — Bor.
9. Jod, Brom, Chlor, Fluor (Halogene genannt).
10. Tellur, Selen, Schwefel.

Sauerstoff.

Die unter 1 und 2 angeführten Elemente werden Leichtmetalle genannt, die unter 3 bis 6 hingegen Schwermetalle. Wismut, Antimon, Arsen sind Sprödmetalle, die folgenden Stoffe werden öfters als Metalloide bezeichnet.

Alle Elemente sind fähig, mit dem Sauerstoff (Oxygenium) Verbindungen einzugehen, welche Oxyde heissen, doch lassen sich manche Metalle nur schwierig oder indirect mit Sauerstoff verbinden, nämlich die unter 4. genannten Edelmetalle. Der Vorgang der Verbindung heisst Oxydation, jener der Trennung oder Befreiung vom Sauerstoff hingegen Reduction. Der Schwefel spielt eine ähnliche Rolle wie der Sauerstoff, die Verbindungen desselben heissen Sulfide.

Die Ursache der Verbindung zweier Stoffe, mögen diese einfache oder zusammengesetzte sein, wird Verwandtschaft genannt. Daher sagt man, wenn einem Stoffe mehrere andere dargeboten werden, und er sich zuvörderst mit einem derselben verbindet, er habe zu diesem die grösste Verwandtschaft.

148. Prüfung auf trockenem Wege. Das chemische Verhalten der Minerale bietet viele ungemein werthvolle Kennzeichen, weil chemische Versuche immer ein bestimmtes Resultat geben und auch in dem Falle ausführbar sind, als das Mineral dicht oder gar erdig ist, also die Erkennung der Form und die Ermittlung der physikalischen Merkmale nicht zulässt. Die Ausführung einer einfachen chemischen Prüfung ist demnach öfter unumgänglich, daher jeder, der es dahin bringen will, Minerale richtig zu bestimmen, sich mit den gewöhnlichen qualitativen Methoden vertraut machen und sich einige Zeit darin üben muss.

Die Operationen, welche bei der qualitativen Untersuchung in Anwendung kommen, werden entweder mit kleinen Stückchen des starren Minerals vorgenommen, indem dieses einer hohen Temperatur ausgesetzt wird (trockener Weg), oder die Prüfung erfolgt an der flüssigen Auflösung des Minerals, zu welcher meist noch andere Probeflüssigkeiten oder Reagentien hinzugefügt werden (nasser Weg).

Um die Prüfung bei höheren Hitzegraden vorzunehmen, pflegt man entweder eine Kerzenflamme mittels des Löthrohres anzufachen oder die Flamme des

Bunsen'schen Gasbrenners zu benutzen. Die blaue Stichflamme, welche das Ende der Löthrohrflamme bildet, hat in Folge des heftigen Zuströmens der Luft nicht nur eine höhere Temperatur als die übrigen Theile der Flamme, sondern auch einen Ueberschuss an Sauerstoff, daher sie oxydirend wirkt, während der leuchtende Theil der Löthrohrflamme wegen der vorhandenen glühenden Kohlentheilchen und wegen Mangels an Sauerstoff als Reductionsflamme dienlich sein kann. Ebenso ist an der Bunsen'schen Flamme das Ende und der blaue Saum als Oxydationsflamme von dem inneren etwas leuchtenden Kegel, welcher eine Reductionsflamme bildet, verschieden.

Als Unterlage für die Mineralprobe, welche etwa hirsekorngross genommen wird, dient Holzkohle oder die Probe wird mit einer Pincette, die Platinspitzen besitzt, gefasst. Bei Benützung der Bunsen'schen Flamme wird das Ende eines feinen Platindrahtes um die Probe gewunden oder es werden Kohlenstäbchen, manchmal auch Asbestfäden als Unterlage benutzt.

Wenn Minerale beim Erhitzen zerknistern oder decrepitiren, so wird eine Probe zuerst in einem Kölbchen erhitzt, bis dieselbe zu gröblichem Pulver zersprungen ist, hierauf fein gepulvert mit einem Tropfen Wasser zum Teige angemacht und auf Kohle gestrichen und erhitzt, worauf man eine zusammenhängende Masse erhält, die nicht mehr zerspringt.

Oft wird der Versuch gemacht, die Probe im Kölbchen zu erhitzen, um zu sehen, ob nicht ein Stoff sich entwickelt und an den kühleren Wänden des Kölbchens condensirt. Wasserhaltige Minerale geben entweder einen Hauch oder gar Wassertropfen, manche Minerale geben ein gelbes Sublimat von Schwefel oder ein schwarzes, metallisch aussehendes von Arsen u. s. w.

Zuweilen wird ein beiderseits offenes Glasrohr benutzt, um die hineingeschobene Probe in einem Luftstrom zu erhitzen, wobei die Stoffe, welche im vorigen Versuche sublimirten, hier verbrennen und öfters charakteristische Oxydationsproducte liefern. Manche schwefelhaltige Minerale lassen den Geruch der schwefeligen Säure wahrnehmen, arsenhaltige geben öfters einen weissen Rauch, der einen krystallinischen Absatz bildet etc.

Beim Erhitzen auf der Kohle gibt der Rauch, welcher sich aus der Probe entwickelt, zuweilen einen weissen oder farbigen Beschlag, welcher an den Rändern wegen des dunklen Hintergrundes oft bläulich oder grünlich erscheint. Antimonhaltige Minerale liefern einen weissen, Wismut einen gelben Beschlag. Auf der Kohle wird auch öfters das Zusammenschmelzen der gepulverten Probe mit anderen Substanzen, besonders mit Soda ausgeführt. Durch das längere Erhitzen dieser Schmelze kann man aus den bleihaltigen Mineralen Körner von Blei erhalten, aus kupferhaltigen Körner von Kupfer, aus den zinnhaltigen solche von Zinn etc.

Häufig wird der Versuch gemacht, in das Ohr eines Platindrahtes eine kleine Menge von Soda, von Borax oder von Phosphorsalz einzuschmelzen und die so erhaltene Perle durch erneutes Schmelzen mit einer kleinen Menge des gepulverten Minerales zu vereinigen. Die Sodaperle und die Phosphorsalzperle dienen zur Erkennung der Silicate, die Boraxperle und Phosphorsalzperle zur

Digitized by Google

Erkennung vieler Metalle, deren Oxyde diesen Schmelzen charakteristische Färbungen verleihen.

Für den letzteren Versuch müssen Mineralproben, welche flüchtige Stoffe, wie Schwefel, Arsen, Antimon enthalten, zuvor einige Zeit im gepulverten Zustande auf Kohle erhitzt (geröstet) werden.

In der Borax- und in der Phosphorsalzperle bilden sich nach dem Zusammenschmelzen mit der Mineralprobe zuweilen Krystalle mit charakteristischen Formen, so dass man bei der mikroskopischen Betrachtung manche Stoffe leicht erkennen kann. G. Rose und später Wunder und A. Knop haben gezeigt, dass diese Methode in vielen Fällen gute Dienste leistet.

Wenn die Mineralprobe für sich in der Pincette oder im Ohr des Platindrahtes erhitzt wird, so gibt sich nicht nur der Grad der Schmelzbarkeit zu erkennen **(139)**, sondern es zeigen sich oft Erscheinungen, die von einer chemischen Veränderung herrühren. Durch Entwicklung flüchtiger Stoffe wird bisweilen ein Aufblähen verursacht, oder das Schmelzen geschieht unter Schäumen und Blasenwerfen. Das Schmelzproduct kann sodann entweder ein durchsichtiges Glas oder eine emailartige oder eine schlackenähnliche Masse sein. Die Veränderung, welche die geglühte Probe erfahren hat, zeigt sich oft dadurch, dass dieselbe, auf geröthetes Lackmuspapier gelegt und befeuchtet, einen blauen Fleck hervorbringt: alkalische Reaction.

Eine Erscheinung, welche schon vor langer Zeit die Aufmerksamkeit der Forscher erregte, ist die Färbung, welche häufig der Löthrohrflamme durch die Mineralprobe ertheilt wird. Natriumhaltige Minerale färben die Löthrohrflamme gelb, kaliumhaltige weisslich-violett. Wenn aber beide Stoffe, nämlich Natrium und Kalium, gleichzeitig vorhanden sind, so ist die Flamme auch gelb, es wird also die violette Färbung durch das Gelb verdeckt. Um dennoch beide neben einander zu erkennen, benutzt man in solchem Falle nach Bunsen's Vorschlag eine parallelwandige Flasche mit einer Auflösung von Kupferoxydammoniak oder ein blaues Kobaltglas, welche die gelben Strahlen zurückhalten, aber die violetten durchlassen, also gleichsam als Lichtfilter wirken.

Um die Stoffe, welche sich aus der Mineralprobe entwickeln und der Flamme eine Färbung verleihen, mit Sicherheit sowohl für sich als neben einander zu erkennen, unternimmt man die Analyse der Flammenfarbe mittels eines Glasprisma **(100)** nach der von Bunsen angegebenen spectral-analytischen Methode.

Das Mineralpulver wird auf einem Platinbloch mit ein wenig Salzsäure oder Schwefelsäure befeuchtet, oder im Falle schwieriger Zersetzbarkeit mit etwas Fluorammonium und Schwefelsäure angemacht, dann mit dem Ohr eines Platindrahtes etwas von dem Gemische aufgenommen und in den Saum der Bunsen'schen Flamme gebracht. Die gefärbte Flamme wird mittels eines kleinen Spectroskopes, wie es in den chemischen Laboratorien gebräuchlich ist, beobachtet. Der Anfänger prägt sich zuerst durch Uebungsversuche die Spectra der einfachen Stoffe ein, so dass er dieselben später auch in ihrer Vereinigung wiedererkennt.

Digitized by Google

Auf solche Art wird beim Bestimmen der Minerale der Gehalt an Lithium, Natrium, Kalium, Calcium, Strontium, Baryum, eventuell an Caesium, Rubidium, Indium erkannt.

Lit. In den eingangs erwähnten Handbüchern, ferner Wunder, Journ. f. prakt. Chemie. 2. Ser. Bd. 1, pag. 452. Bd. 2, pag. 206. A. Knop, Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. 157, pag. 363 und 159, pag. 36. Kenngott, Jahrb. f. Min. 1867, pag. 77.

149. Prüfung auf nassem Wege. Die Vorbedingung ist hier das Vorhandensein des Minerales in wässeriger Lösung. Bei einigen Mineralen ist dieses direct erreichbar, weil sie durch Wasser aufgelöst oder zerlegt werden, wie Steinsalz, Carnallit. Manche sind schwerlöslich in Wasser, wie z. B. Gyps, andere lösen sich langsam, wie der Kieserit.

Viele der Minerale, welche durch Wasser nicht gelöst werden, lassen sich durch Säuren zersetzen und in Lösung bringen. Die gewöhnlich angewandten Säuren sind Salzsäure, Salpetersäure, seltener kommt Schwefelsäure in Verwendung, öfters die Mischung von Salzsäure und Salpetersäure (Königswasser). Die Auflösung, welche häufig durch Erwärmung beschleunigt wird, erfolgt entweder ruhig oder unter Gasentwicklung. Bei Anwendung von Salzsäure entwickeln manche Minerale Kohlensäure als geruchloses Gas unter Aufbrausen schon bei gewöhnlicher Temperatur, wie der Kalkspath, oder beim Erwärmen, wie der Dolomit, Magnesit. Manche schwefelhaltige Minerale werden von Salzsäure unter Entwicklung eines übelriechenden Gases (Schwefelwasserstoffgas) zersetzt, welches feuchtes Bleipapier (Filtrirpapier mit einer Lösung von essigsaurem Blei getränkt) bräunt. Einige Minerale, wie z. B. die Manganerze, geben mit Salzsäure behandelt ein erstickend wirkendes Gas, nämlich Chlorgas.

Salpetersäure zerlegt die kohlensäurehaltigen Minerale ebenso wie die vorige Säure. Mit oxydirbaren Mineralen, wie z. B. mit Metallen, mit Cuprit, Magnetit und den Sulfiden zusammengebracht, entwickelt sie Stickoxydgas, welches an der Luft rothe Dämpfe von Untersalpetersäure bildet. Die schwefelhaltigen Minerale hinterlassen nach der Zersetzung oft einen Körper, der zu schwimmen pflegt und leicht als Schwefel erkannt wird. Die antimonhaltigen geben einen weissen Bodensatz von Antimonoxyden.

Manche Minerale liefern auch bei der Zersetzung durch Salzsäure einen Bodensatz, der aus Titansäure oder Wolframsäure besteht. Manche siliciumhaltige Minerale geben nach der Zersetzung eine leichte, pulverig aussehende Kieselerde, z. B. der Apophyllit, der Leucit, andere liefern, wofern man die Säure nicht zu sehr verdünnt in Anwendung bringt, Kieselerde im gallertartigen Zustande, wie z. B. der Nephelin, das Kieselzinkerz.

Viele Minerale, welche nach der gewöhnlichen Methode durch die genannten Säuren nicht gelöst werden, können durch Einschliessen des mit der Säure angemachten Pulvers in ein zugeschmolzenes Glasrohr und nachheriges Erhitzen auf 100° bis 300° zersetzt werden.

Digitized by Google

Eine grosse Zahl von Mineralen lässt sich nicht durch Säuren in Lösung bringen, daher man genöthigt ist, andere Methoden anzuwenden, durch welche das Mineral, wie man zu sagen pflegt, aufgeschlossen wird. Am häufigsten lässt sich das Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali und das Zersetzen der Schmelze mit Salzsäure ausführen, besonders bei den siliciumhaltigen Mineralen. Dieselben lassen sich auch durch Zusammenbringen mit Flusssäure oder Fluorammonium und nachheriges Erwärmen unter Zufügung von Schwefelsäure aufschliessen. In diesem Falle verflüchtigt sich das Silicium, indem es als Kieselflusssäure davongeht. Andere Methoden der Aufschliessung bestehen in dem Zusammenschmelzen mit Kalihydrat, z. B. beim Spinell, oder mit saurem schwefelsauren Kali, z. B. beim Korund.

150. Bei der Prüfung auf nassem Wege kommen auch noch einige Erscheinungen von allgemeiner Anwendbarkeit in Betracht:

Die flüssigen Säuren, wie Schwefelsäure und die wässerigen Auflösungen der Säuren, haben die Eigenschaft, blaue Pflanzensäfte roth zu färben. Blaues Lackmuspapier wird beim Eintauchen in Säure roth gefärbt: saure Reaction. Dagegen haben andere Stoffe, z. B. die Oxyde der Alkalimetalle, welche Alkalien genannt werden, die Eigenschaft, in dem durch Säure gerötheten Lackmuspapier die ursprüngliche Farbe wieder herzustellen. Rothes Lackmuspapier wird beim Eintauchen in eine Lösung von Alkalien blau: alkalische Reaction. Eine Auflösung, welche weder alkalische, noch saure Reaction zeigt, heisst neutral. Durch Zusammenfügen saurer und alkalischer Lösungen im bestimmten Verhältnisse wird die Neutralisirung beider bewirkt.

Die meisten Schwermetalle werden aus ihren neutralen Lösungen, manche auch aus ihren sauren Lösungen durch Schwefelwasserstoff als Sulfide gefüllt. Manche dieser Niederschläge werden durch Schwefelammonium aufgelöst.

151. Erkennung der Bestandtheile in einfachen Fällen. Die nachfolgenden Angaben können benutzt werden, wenn es sich um einfach zusammengesetzte Minerale handelt, oder wenn in den complicirter zusammengesetzten einzelne Stoffe leicht zu ermitteln sind.

I. Gruppe.

Wasserstoff in der Form von Wasser. Durch Erhitzen des Minerales im Kölbchen entsteht ein Hauch oder ein Beschlag, der aus feinen Wassertröpfchen besteht.

Lithium verursacht, wenn allein vorhanden, eine carminrothe Flammenfärbung, die aber durch Natrium, wenn solches vorhanden, verdeckt wird. Spectroskop.

Natrium. Gelbe Flammenfärbung. Spectroskop.

Kalium. Weisslich violette Flammenfärbung. Anwendung des Lichtfilters oder Spectroskops. In der salzsauren Auflösung entsteht durch Zufügen von Platinchlorid ein citrongelber Niederschlag.

II. Gruppe.

Beryllium. In der Auflösung entsteht durch Ammoniak ein weisser Niederschlag, welcher sowohl durch Kali, als auch durch kohlensaures Ammon gelöst wird.

Magnesium. Manche Verbindungen des Magnesiums, die ursprünglich weiss sind, werden nach dem Befeuchten mit einer Lösung von salpetersaurem Kobalt und nachherigem Glühen lichtroth. In der Auflösung wird die Gegenwart des Magnesiums an dem weissen

krystallinischen Niederschlag erkannt, welcher nach Zufügung einer erheblichen Menge von Salmiaklösung, einer kleinen Quantität von Ammonflüssigkeit bis zum deutlichen Ammongeruche und Hinzugabe von einer Lösung von phosphorsaurem Natron entsteht. Der Niederschlag wird durch Säuren gelöst.

Calcium. Spectroskopisch leicht erkennbar. Die Lösung liefert, auch wenn sie verdünnt ist, mit oxalsaurem Ammon einen weissen Niederschlag, der durch Säuren zerstört wird. Gypslösung gibt keinen Niederschlag.

Strontium. Spectroskopisch leicht erkennbar. Die Lösung gibt mit Kieselflusssäure keinen, mit Gypslösung nach einiger Zeit einen weissen Niederschlag.

Baryum. Spectroskopisch leicht erkennbar. Die Lösung liefert mit Kieselflusssäure einen farblosen krystallinischen, mit Gypslösung sogleich einen weissen, in Säuren unlöslichen Niederschlag.

Aluminium. Viele der aluminiumhaltigen Minerale werden durch Befeuchten mit Kobaltsolution und nachheriges Glühen blau gefärbt. In der Auflösung erkennt man das Aluminiumoxyd oder die Thonerde an dem weissen flockigen Niederschlage, welcher durch Ammonflüssigkeit entsteht, und durch Kalilauge, nicht aber durch kohlensaures Ammon gelöst wird.

III. Gruppe.

Zink. Die Probe liefert mit Soda zusammengeschmolzen auf der Kohle einen Beschlag, der in der Wärme gelb, nach dem Erkalten weiss ist, mit Kobaltlösung befeuchtet und geglüht, grün gefärbt wird und im Oxydationsfeuer sich nicht verflüchtigt. In der Lösung liefert Kalihydrat, sowie Ammon einen weissen gelatinösen Niederschlag, welcher sich im Ueberschusse beider Fällungsmittel löst. Aus diesen Lösungen wird durch Schwefelwasserstoffwasser weisses Zinksulfid gefällt.

Cadmium. Die Probe gibt im Reductionsfeuer einen braunen bis orangegelben Beschlag. Die saure Lösung liefert mit Schwefelwasserstoff einen citrongelben, in Schwefelammon unlöslichen Niederschlag.

Blei. Manche Bleiverbindungen geben auf der Kohle einen röthlichgelben Beschlag. Mit Soda auf Kohle geschmolzen liefert jede bleihaltige Probe ein Bleikorn. Die Lösung gibt mit einem Tropfen Schwefelsäure einen weissen, mit chromsaurem Kali einen gelben Niederschlag.

Zinn. Durch Erhitzen auf Kohle entsteht ein Beschlag, welcher weder durch die Oxydations-, noch durch die Reductionsflamme zu vertreiben ist. Mit Soda geschmolzen liefert die Probe ein Zinnkorn.

Kupfer. Die geröstete Probe gibt mit Borax ein blaues Glas, welches im Reductionsfeuer braunroth wird. Mit Soda auf Kohle zusammengeschmolzen liefert die Probe ein Kupferkorn. Die Lösung wird, mit viel Ammonflüssigkeit versetzt, schön blau.

IV. Gruppe.

Silber. Die mit Salpetersäure erhaltene Auflösung gibt mit Salzsäure einen weissen, käsigen Niederschlag, welcher sich am Lichte schwärzt, in Ammoniak auflöslich ist.

Quecksilber. Die Probe liefert mit Soda im Kölbchen erhitzt ein graues Sublimat, aus Tröpfchen von metallischem Quecksilber bestehend.

Gold. Die Probe liefert auf Kohle erhitzt ein Goldkorn. Aus diesem kann etwa beigemischtes Silber durch Erwärmen mit Salpetersäure ausgezogen und in der Lösung nachgewiesen werden.

Platin findet sich nur gediegen und wird an seinen physikalischen Eigenschaften leicht erkannt.

V. Gruppe.

Eisen. Manche Verbindungen werden, auf Kohle erhitzt, magnetisch. Die sauerstoffreichen (oxydhaltigen) geben eine rothe, nach dem Erkalten gelbe Boraxperle, welche im Reductionsfeuer grün wird, die sauerstoffärmeren (oxydulhaltigen) geradezu eine grüne Perle. Die

Digitized by Google

Lösung jedes eisenhaltigen Minerales, welche nach Zusatz von Salpetersäure einige Zeit gekocht wurde, gibt mit Ammoniak einen braunen, flockigen Niederschlag, mit einer Lösung des gelben Blutlaugensalzes einen blauen Niederschlag.

Mangan. Das feine Pulver gibt mit Soda und etwas Salpeter auf Platinblech erhitzt eine blaugrüne Schmelze. Meistens darf man nur wenig von dem Mineral nehmen

Kobalt. Die geröstete Probe liefert mit Borax ein schön blaues Glas, zuweilen erst nach längerem Erhitzen im Reductionsfeuer.

Nickel. Die Probe mit Soda, auf dem Kohlenstäbchen erhitzt, nach dem Erkalten zerrieben, mit Wasser gewaschen, liefert magnetische Theilchen von metallischem Nickel. Diese gesondert in einem Tropfen Salpetersäure gelöst, mit Ammon versetzt, liefern eine tiefblaue Lösung.

VI. Gruppe.

Chrom. Die meisten Verbindungen geben eine schöne smaragdgrüne Borax- oder Phosphorsalzperle. Mit Salpeter geschmolzen geben die Minerale eine Schmelze, welche mit Wasser ausgezogen eine gelbe Lösung liefert, in der essigsaures Blei einen gelben Niederschlag von Bleichromat erzeugt.

Vanad. Die Vanadinsäure gibt mit Borax ein Glas, welches im Oxydationsfeuer gelb oder braun, im Reductionsfeuer grün ist.

Molybdän. Die Probe gibt im Reductionsfeuer mit Phosphorsalz ein grünes, mit Borax ein braunes Glas.

Wolfram. Das Pulver gibt mit Soda eine Schmelze, welche mit Wasser ausgezogen ein Filtrat liefert, in welchem durch Salzsäure ein weisser Niederschlag von Wolframsäure entsteht. Der getrocknete Niederschlag wird durch Erhitzen gelb.

Uran. Die Phosphorsalzperle ist im Oxydationsfeuer gelb, von der Farbe des Uranglases, im Reductionsfeuer grün.

VII. Gruppe.

Wismut. Die Probe gibt auf Kohle einen Beschlag von Wismutoxyd, welches heiss braun, kalt hellgelb erscheint. Die Auflösung gibt auf reichlichen Zusatz von Wasser und einem Tropfen Kochsalzlösung einen weissen Niederschlag von basischem Salz.

Antimon. Durch Erhitzen auf Kohle für sich oder nach Zugabe von etwas Soda entsteht ein weisser Beschlag, der in der Nähe der Probe oft krystallinisch ist und durch die Flamme von einer Stelle zur andern verflüchtigt werden kann.

Arsen. Viele arsenhaltige Minerale verbreiten beim Erhitzen auf der Kohle einen charakteristischen knoblauchartigen Geruch und geben einen weissen Beschlag, der sich erst in einiger Entfernung von der Probe absetzt. Alle arsenhaltigen Proben liefern, mit Cyankalium und Soda im Kölbchen erhitzt, einen Metallspiegel, welcher durch Schwefelwasserstoff gelb wird.

Phosphor. Die Gegenwart von Phosphorsäure wird in der Auflösung dadurch erkannt, dass nach Hinzufügung von Salmiak und Ammonflüssigkeit, bis ein deutlicher Ammongeruch entsteht, endlich nach Zugabe von Bittersalzlösung ein krystallinischer Niederschlag fällt, welcher durch Säuren zerstörbar ist. (Vergl. Magnesium.) Die Phosphorsäure lässt sich auch dadurch nachweisen, dass man zur Lösung der Probe eine mit Salpetersäure übersättigte Lösung von molybdänsaurem Ammon zusetzt und erwärmt. Es entsteht ein gelber, feinerdiger Niederschlag.

Stickstoff. In der Form von Ammoniak ist der Stickstoff in wenigen Mineralen enthalten. Diese geben, mit Kalilauge erwärmt, Ammoniakgas, welches durch den Geruch erkennbar ist. In der Form von Salpetersäure tritt der Stickstoff gleichfalls in einigen Mineralen auf. Diese verpuffen auf glühender Kohle.

VIII. Gruppe.

Titan. Die Phosphorsalzperle ist im Reductionsfeuer heiss gelb, kalt violett. Bei Gegenwart von Eisen muss etwas gepulvertes Zink zugesetzt werden, um die violette Farbe hervor-

Digitized by Google

treten zu lassen. Ausserdem erkennt man die Titansäure in der plattgedrückten Phosphorsalzperle unter dem Mikroskop an der Krystallform. Die mit saurem schwefelsaurem Kali erhaltene Schmelze, in verdünnter Säure gelöst, gibt, einige Zeit mit Zinn oder Zink in Berührung gelassen, eine violette bis blaue Flüssigkeit.

Silicium. Durch das Zusammenschmelzen der Silicate mit der Phosphorsalzperle werden jene zersetzt und die Kieselerde bleibt als Skelet oder Pulver in der Perle sichtbar. Mit Soda zusammengeschmolzen, geben die Silicate eine Masse, welche mit Salzsäure behandelt eine Gallerte liefert. Beim Abdampfen geht diese in Pulver über, welches nach dem Wegwaschen der übrigen Verbindungen weiss und durch die gewöhnlichen Säuren unangreifbar ist, durch eine Mischung von Flusssäure und Schwefelsäure gänzlich verflüchtigt wird.

Kohlenstoff. Nur selten ist es nöthig, die Kohle besonders nachzuweisen. Durch Zusammenbringen mit heisser Salpeterschmelze entsteht eine Verpuffung. Bei geringerem Kohlengehalte wird durch den Salpeter die schwarze Farbe zerstört. Die Kohlensäureverbindungen entwickeln, wie schon bemerkt wurde, mit Säuren ein geruchloses Gas.

Bor. Das gepulverte Mineral wird mit Schwefelsäure erwärmt, worauf Alkohol zugegossen und dieser angezündet wird. Ist Bor vorhanden, so wird die Flamme grün gefärbt.

IX. Gruppe.

Jod. Die in einem Kölbchen mit concentrirter Schwefelsäure übergossene Probe entwickelt Joddampf, der einen mit Stärkekleister bestrichenen Papierstreifen blau färbt.

Brom färbt unter denselben Umständen den Kleister nach einigen Stunden gelb.

Chlor. Die salpetersaure Auflösung gibt nach Hinzufügung von salpetersaurem Silber einen weissen, käsigen Niederschlag von Chlorsilber, welcher sich am Lichte schwärzt und in Ammoniak auflöst.

Fluor. Das Pulver des Minerales wird in einem Platintigel mit concentrirter Schwefelsäure erwärmt, nachdem der Tigel mit einer Glasplatte verdeckt wurde, welche mit Wachs überzogen, stellenweise aber mittels eines Holzstiftes von Wachs entblösst worden. Die freien Stellen werden durch die entwickelten Dämpfe geätzt. Es ist gut, in einem zweiten Tigel ohne Mineral mit der Schwefelsäure die Gegenprobe zu machen.

X. Gruppe.

Tellur. Charakteristisch ist der weisse rothgesäumte Beschlag, welchen Tellur auf Kohle hervorbringt. Die tellurhaltigen Minerale ertheilen concentrirter Schwefelsäure beim ersten Erwärmen eine carminrothe Färbung.

Selen. Im Oxydationsfeuer erhitzt geben die Selenverbindungen eine schöne blaue Flamme und entwickeln einen rettigartigen Geruch. Auf Kohle geben sie einen metallisch aussehenden grauen Beschlag. Im Glasrohr bildet sich beim Erhitzen ein rothes Sublimat.

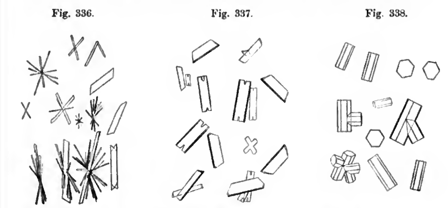
Schwefel. Eine Probe des Minerales wird mit Soda auf Kohle zusammengeschmolzen, die Schmelze auf eine blanke Silbermünze oder ein Silberblech gelegt und mit Wasser befeuchtet, worauf der entstehende braune Fleck den Schwefelgehalt verräth. In der Auflösung wird Schwefelsäure durch den weissen, in Säure unlöslichen Niederschlag erkannt, welcher durch Chlorbaryum hervorgebracht wird.

Sauerstoff. Die Gegenwart dieses Stoffes lässt sich nicht direct, sondern nur indirect nachweisen oder blos erschliessen.

152. Mikrochemische Analyse. Um qualitative Prüfungen im kleinsten Massstabe auszuführen, werden entweder Dünnschliffe von Mineralen angefertigt oder feine Splitter und Körnchen von vollkommener Reinheit ausgesucht. Zur Auflösung und Zersetzung werden die früher genannten Mittel, besonders Salzsäure, Schwefelsäure, Flusssäure, auch Kieselflusssäure angewandt. Ein

Tropfen reicht oft hin, die nöthige Lösung zu erhalten. Die Zersetzung geschieht zuweilen auf dem gläsernen Objectträger. Bei Anwendung von Flusssäure oder Kieselflusssäure wird derselbe mit einer Schichte von Canadabalsam überzogen; besser ist es, ein durchsichtiges Plättchen von Schwerspath zu benutzen. Meistens wird die Zersetzung in einem Platinschälchen vorgenommen, ebenso das Aufschliessen mit Soda und die nachherige Zerlegung der Schmelze durch Säuren. Die erhaltene Lösung wird mit Reagentien versetzt. Wird hierauf ein Tropfen auf den Objectträger gebracht und dort verdunsten gelassen, so bilden sich kleine Krystalle der entstandenen Verbindungen, welche unter dem Mikroskope geprüft werden. Das Verfahren entspricht vielfach den früher angeführten Methoden

Fig. 336. Fig. 337. Fig. 338.



des nassen Weges. Einige Beispiele genügen, um zu zeigen, wie die einzelnen Stoffe erkannt werden.

Calcium. Das Mineral wird aufgeschlossen, dann durch Schwefelsäure zersetzt und eingedampft, der Rückstand in Wasser gelöst. Ein Tropfen der Lösung zeigt beim Verdunsten auf dem Objectträger mikroskopische Gypskryställchen, wie in Fig. 336.

Magnesium. Zur Lösung wird ein Körnchen Phosphorsalz und etwas Ammoniak hinzugefügt, entsprechend dem Verfahren in dem vorigen Absatze. Als Niederschlag bilden sich Kryställchen von Magnesium-Ammoniumphosphat, deren Form sehr charakteristisch ist, Fig. 337. Die umgekehrte Methode führt zur Erkennung der Phosphorsäure.

Aluminium. Die schwefelsaure Lösung, mit einem Körnchen von Caesiumchlorid in Berührung gebracht, liefert schöne oktaëdrische Kryställchen von Caesiumalaun.

Natrium. Natriumhaltige Minerale geben nach der Zersetzung mit Kieselflusssäure und nach dem Verdunsten Kryställchen von Kieselfluornatrium, Fig. 338. Natriumhaltige Silicate liefern diese Kryställchen nach der Zersetzung mittels Flusssäure.

Lit. Bořicky, Elemente einer neuen chemisch-mikroskop. Mineral- und Gesteinsanalyse. Prag. 1877. Behrens in den Verslagen en Mededeelingen der k.

Akademie van Wetenschappen z. Amsterdam. Afdeeling Natuurkunde. 2de. Reeks, Deel 17. (1881.) Lehmann, Ann. d. Physik u. Chem. Neue F. Bd. 13, pag. 506. Streng, Jahrb. f. Min. 1883. Bd. II, pag. 365.

153. Gewichtsbestimmung. Das Verständnis der chemischen Erscheinungen beruht vor Allem auf der Kenntnis der quantitativen Verhältnisse. Erst diese geben ein Bild von dem Mechanismus, der bei den chemischen Veränderungen thätig ist. Aber auch die chemische Aehnlichkeit der Minerale, die Beziehungen verschiedener Minerale werden erst klar, wenn die Mengen der Stoffe bekannt sind, aus welchen die verglichenen Körper bestehen.

Die Ermittlung der Gewichtsverhältnisse beruht auf sorgfältigen, oft complicirten Operationen und genauen Wägungen, die Resultate der Arbeit sind Zahlenverhältnisse, welche desto genauer sind, jo besser die Methoden, je grösser die Sorgfalt und Geschicklichkeit des Experimentators. Die Vorbedingung jeder genauen Mineralanalyse ist aber die vollkommene Reinheit des Materiales, welche oft erreicht werden kann, indem das Mineral in kleine Splitter zerschlagen wird nnd diese unter dem Mikroskop oder einer stark vergrössernden Lnpe ausgesucht werden. Wenn sich trotzdem fremde Beimengungen nicht vermeiden lassen, wird das Resultat ein ungenaues.

Die quantitative Mineralanalyse ist ein umfangreiches methodisches Gebiet, welches eine praktische Bethätigung erfordert, also nicht Gegenstand des vorliegenden Werkes ist. Um hier aber doch wenigstens eine Andeutung zu geben, in welcher Weise die Quantitätsbestimmungen ausgeführt werden, mögen zwei Beispiole Platz finden.

Die gewichtsmässige Bestimmung geht selbstverständlich von dom Grundsatze aus, dass das Gewicht der Verbindung gleich ist der Summe der Gewichte der Bestandtheile, welchen man das Princip der Erhaltung der Materie nennt. Die Methoden sind bald mehr directe, indem das Mineral geradezu in seine Bestandtheile zerlegt wird und diese gewogen werden, oder sie sind mehr indirecte, indom das Mineral zwar auch zerlegt, aber jeder Bestandtheil in eine neue Verbindung übergeführt und diese letztere gewogen wird.

Ein Beispiel directer Bestimmung gibt die Analyse des Göthits oder Nadeleisenerzes. Die qualitative Prüfung des reinen Minerales würde Eisenoxyd nnd Wasser als Bestandtheile ergeben. Wenn von dem Minerale 0·734 Gramm oder 734 Milligramme abgewogen, diese Quantität in oin Glasrohr gethan und geglüht wird, während die entstehendon Wasserdämpfe in einem vorgelegten Chlorcalciumrohr aufgefangen und condensirt werden, und wenn dieses Rohr um 75 Milligr. an Gewicht zugenommen hat, während der nach dem Glühen erhaltene Rückstand von rothem Eisenoxyd 660 Mg. wiegt, so hat man:

Angewandt: 734 Mg.,	erhalten: Eisenoxyd	660
	Wasser	75
	zusammen	735.

Man hütte also bei dem Versuche eine kleine Ungenanigkeit begangen, weil die Summe der Bestandtheile mehr ausmacht, als das Gewicht der ursprüng-

lichen Verbindung beträgt. Solche Versuchsfehler sind aber unvermeidlich. Eine längere Uebung lehrt die Grösse des Fehlers kennen, welcher zulässig ist, wofern die Analyse genau genannt werden darf.

Man pflegt die Resultate der Analyse percentisch auszudrücken. Um dazu zu gelangen, wird man im obigen Falle den Ansatz machen: 734 Gewichtstheile Mineral gaben 660 Gewth. Eisenoxyd, 100 Gewth. Mineral würden geben x Gewth. Eisenoxyd. Ferner 734 Gewth. Mineral gaben 75 Gewth. Wasser, 100 Gewth. Mineral würden geben y Gewth. Wasser.

$734 : 660 = 100 : x$ $\qquad x = 89{\cdot}92$ Percent Eisenoxyd

$734 : 75 = 100 : y$ $\qquad y = 10{\cdot}22$ „ Wasser

zusammen 100·14

Also zeigt auch hier der Ueberschuss den Versuchsfehler an.

Ein Beispiel für indirecte Bestimmung liefert die Analyse des Steinsalzes. Als Bestandtheile gibt die qualitative Probe Chlor und Natrium an. Gesetzt nun, man hätte von dem reinen Mineral 345 Milligr. abgewogen und in Wasser aufgelöst, hierauf salpetersaures Silber so lange zugefügt, als noch ein Niederschlag entsteht, so ist jetzt alles Chlor in dem Niederschlag enthalten, welcher aus Chlorsilber besteht. Nach dem Abfiltriren, Auswaschen und Trocknen hätte derselbe das Gewicht von 840 Mg. In der Flüssigkeit, welche nach der Trennung dieses Niederschlages zurückblieb, ist noch etwas salpetersaures Silber enthalten, weil um etwas mehr zugesetzt wurde, als nothwendig war. Dieses wird wieder mittels Salzsäure in Chlorsilber verwandelt, der entstandene Niederschlag abfiltrirt und beseitigt. Die zurückgebliebene Lösung enthält noch das Natrium des angewandten Steinsalzes nebst den Elementen der Salpetersäure und Salzsäure. Wird nun Schwefelsäure zugesetzt und eingedampft, bis ein trockener Rückstand entsteht, so verflüchtigt sich die Salpetersäure, Salzsänre und die überschüssig zugesetzte Schwefelsäure, und es hinterbleibt nach dem starken Erhitzen des Rückstandes nur schwefelsanres Natron, welches das Gewicht von 419 Mg. ergäbe.

Man hat jetzt das Steinsalz in zwei getrennt gewogene Verbindungen, in Chlorsilber und schwefelsanres Natron verwandelt. Mit Hilfe eines analytischen Handbuches findet man nun, dass in 100 Theilen Chlorsilber 24·74 Theile Chlor enthalten seien, wonach in der gewogenen Menge von 840 Mg. Chlorsilber 207·8 Mg. Chlor enthalten sind. Ebenso findet man, dass in 100 Theilen schwefelsauren Natrons 32·39 Theile Natrium enthalten seien, wonach sich ergibt, dass die gewogenen 419 Mg. dieses Salzes 135·7 Mg. Natrium enthalten Folglich:

Angewandt: 345 Mg. Steinsalz, erhalten:	Chlor 207·8 Mg.	oder 60·23	Percent
	Natrinm 135·7 „	„ 39·34	„
	343·5	99·57	

154. Gesetz der Mischungsgewichte. Die Minerale, welche sich in qnalitativer Beziehung vollkommen gleich verhalten, welche also nach ihren Eigenschaften identisch sind, geben auch bei der gewichtsmässigen Analyse dasselbe Verhältnis der Bestandtheile. Reines Steinsalz vom ersten, zweiten,

dritten Fundorte u. s. w. gibt immer dasselbe Verhältnis von Chlor und Natrium welches im vorigen Beispiele angeführt wurde, und dieses Verhältnis wird blos durch die unvermeidlichen Fehler der Beobachtung ein wenig modificirt. Reiner Tremolit von diesem oder jenem Fundorte liefert stets dieselben Verhältniszahlen für Magnesium, Calcium, Silicium und Sauerstoff, aus welchen Stoffen dieses Mineral besteht. Hat man also für ein Mineral das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile:

$$A : B : C : D : \text{etc.}$$

gefunden, so werden alle damit identischen Minerale das gleiche Verhältnis ergeben. Damit ist das empirische Gesetz der bestimmten Gewichtsverhältnisse ausgedrückt. A, B, C, D etc. heissen die Mischungsgewichte oder auch die Verbindungsgewichte.

Hat ein Mineral die oben angeführten Gewichtsverhältnisse geliefert, und findet sich ein zweites Mineral, welches zwar dieselben Stoffe enthält, welches aber in seinen Eigenschaften von dem vorigen verschieden ist, so wird selbes nur ganz ausnahmsweise ein gleiches, also fast immer ein anderes Gewichtsverhältnis liefern, ebenso ein drittes Mineral, welches wohl wiederum dieselben Stoffe enthält, aber in den Eigenschaften von den beiden vorigen verschieden ist. Es besteht jedoch unter den Gewichtsverhältnissen dieser Minerale ein Zusammenhang, welcher aus den folgenden Beispielen klar wird.

Das reine Wasser liefert bei der Zerlegung 11·11 Perc. Wasserstoff und 88·89 Sauerstoff, also achtmal soviel Sauerstoff als Wasserstoff. Wird ein Gewichtstheil Wasserstoff durch H und werden 8 Gewichtstheile Sauerstoff durch O ausgedrückt, so lautet das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile des Wassers $H:O$. Das Wasserstoffsuperoxyd besteht auch aus Wasserstoff und Sauerstoff, es gibt aber bei der Zerlegung nur 5·88 Perc. Wasserstoff gegen 94·12 Perc. Sauerstoff, das Verhältnis beider ist 1:16, durch die vorigen Zeichen ausgedrückt $H:2O$, weil das Wasserstoffsuperoxyd bei gleicher Menge von Wasserstoff zweimal soviel Sauerstoff enthält als das Wasser.

Eine Reihe von Beispielen liefern die von den Chemikern dargestellten Verbindungen des Stickstoffes mit dem Sauerstoff. Von diesen enthält das Stickoxydul 63·64 Perc. Stickstoff gegen 36·36 Perc. Sauerstoff. Um die frühere Bezeichnung beizubehalten, nach welcher 8 Gewth. Sauerstoff $= O$, wird berechnet, wie viel Gewth. Stickstoff hier auf 8 Gewth. Sauerstoff kommen, $36·36 : 63·64 = 8 : x$, woraus $x = 14$ sich ergibt. Wird nun die Menge von 14 Gewth. Stickstoff durch N bezeichnet, so kann man statt des percentischen Verhältnisses schreiben 14 Gewth. Stickstoff: 8 Gewth. Sauerstoff oder $N:O$.

Für die ferneren Verbindungen ist unten ausser der percentischen Zusammensetzung auch das Resultat der Umrechnung angesetzt:

	Stickstoff		Sauerstoff		umgerechnet		in Zeichen
Stickoxydul	63·64	:	36·36	=	14 : 8	=	$N: O$
Stickoxyd	46·67	:	53·33	=	14 : 16	=	$N:2O$
Salpetrigsäure-Anhydrid	36·84	:	63·16	=	14 : 24	=	$N:3O$
Salpetersäure-Anhydrid	25·93	:	74·07	=	14 : 40	=	$N:5O$.

Es ist also das Verhältnis der Mischungsgewichte beim Stickoxydul $N:O$, bei allen übrigen aufgezählten Verbindungen $N: \mathrm{m}O$, wo m eine ganze Zahl ist.

Die entsprechende Regel gilt aber auch für die Verbindungen mehrerer Stoffe, z. B. für die folgenden Minerale, für welche nicht mehr die percentischen Gewichtsmengen, sondern schon die umgerechneten Verhältnisse angesetzt sind:

	Calcium		Magnesium		Silicium		Sauerstoff		in Zeichen
Periklas	—	:	12	:	—	:	8	=	$Mg:O$
Enstatit.	—	:	12	:	14	:	24	=	$Mg:Si:3O$
Forsterit	—	:	24	:	14	:	32	=	$2Mg:Si:4O$
Diopsid	20	:	12	:	28	:	48	=	$Ca:Mg:2Si:6O$
Tremolit	20	:	36	:	56	:	96	=	$Ca:3Mg:4Si:12O$

Hier ist für 12 Gewth. Magnesium die Abkürzung Mg, für 20 Gewth. Calcium die Abkürzung Ca, für 14 Gewth. Silicium aber Si gebraucht.

Das allgemeine Gesetz, welches die Gewichtsverhältnisse beherrscht, lautet also: Wenn für irgend eine Verbindung das Gewichtsverhältnis:

$$A:B:C:D: \text{etc.}$$

gefunden wurde, so ist das Gewichtsverhältnis für alle Verbindungen, welche dieselben Bestandtheile enthalten:

$$\mathrm{m}A:\mathrm{n}B:\mathrm{p}C:\mathrm{q}D: \text{etc.}$$

wo die Coëfficienten m, n, p, q ganze Zahlen sind. In dem letzten Beispiele sind es die Zahl 1, welche nicht geschrieben wurde, ferner 2, 3, 4, 6, 12. Das Verhältnis der Coëfficienten ist also immer ein rationales. Dieses Gesetz, welches früher das Gesetz der multiplen Proportionen genannt wurde, sagt aus, dass die Gewichtsverhältnisse aller Verbindungen, welche dieselben Bestandtheile enthalten, von einer dieser Verbindungen abgeleitet werden, indem man deren Mischungsgewichte mit ganzen Zahlen multiplicirt. Diejenigen Mischungsgewichte, welche von den Verbindungen geliefert werden, die als Grundlage des Vergleiches gewählt wurden, heissen Aequivalentgewichte. In den vorigen Beispielen wurden Wasser, Stickoxyd, Periklas etc. als Grundlagen gewählt, und wurden die Aequivalentgewichte $H = 1$, $O = 8$, $N = 14$, $Mg = 12$ etc. erhalten. Die Zeichen H, O, N, Mg etc. heissen demnach Aequivalentzeichen. Sie geben erstens eine Qualität an, nämlich Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff etc., zweitens eine Quantität, nämlich 1, 8, 14 Gewichtstheile etc.

Es ist leicht zu bemerken, dass das Gesetz der bestimmten Gewichtsverhältnisse eine Aehnlichkeit mit dem Gesetze der Constanz der Kantenwinkel an den Krystallen habe, ferner dass das Gesetz der rationalen Verbindungsverhältnisse in der Form ganz und gar mit dem Parametergesetze übereinstimmt. Diese Uebereinstimmung ist keine zufällige, sondern sie beruht darauf, dass einerseits die Krystalle, andererseits die Materie überhaupt aus Theilchen von bestimmtem Gewichte zusammengefügt gedacht werden können.

155. Erklärung. In dem morphologischen und dem physikalischen Theile wurde wiederholt jene Vorstellung benützt, nach welcher die Körper aus

Digitized by Google

schwebenden Theilchen, den Molekeln, zusammengesetzt sind. Homogene Minerale, wie das Wasser, das Steinsalz, bestehen demnach aus Molekeln, die alle unter einander gleich sind. Erfährt nun ein solcher Körper eine stoffliche Veränderung, so müssen die Molekel sich verändern. Wenn daher Wasser zerlegt wird und daraus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas entsteht, so können wir uns den Vorgang nicht anders vorstellen, als dass sich die Wassermolekel zertheilen, ferner dass die entstandenen Molekel-Theile wieder neue Molekel, nämlich Sauerstoff- und Wasserstoffmolekel gebildet haben.

Die Theilbarkeit der Molekel und die Fähigkeit der Theile, wieder neue Molekel zu bilden, lässt sich auf keine andere Weise besser darstellen, als durch die Annahme, dass die Molekel aus Körperchen von bestimmtem Gewichte bestehen, welche untheilbar sind. Diese gedachten Körperchen werden Atome genannt. Eine Molekel ist demgemäss ein System von frei schwebenden, durch anziehende Kräfte verbundenen Atomen, ist also ein Planetensystem im kleinsten Massstabe. Ein homogener Körper ist eine Wiederholung von ungemein vielen solchen Systemen. Man kann sich nun eine Molekel denken, deren Gewicht M' ist, und welche aus vier Atomen derselben Art besteht. Jedes dieser Atome habe das Gewicht A. Dann wird $M' = 4A$ sein. Ein Körper, der aus solchen Molekeln besteht, ist ein chemisch einfacher Körper. Wenn man sich aber eine andere Molekel denkt, deren Gewicht M ist, und welche aus verschiedenartigen Atomen zusammengefügt ist, so kann dieselbe aus zwei Atomen der vorerwähnten Art, ferner aus drei Atomen anderer Art bestehen, deren jedes das Gewicht B besitzt, ausserdem aus einem Atom dritter Art, dessen Gewicht C ist, endlich aus vier Atomen vierter Art, deren jedes das Gewicht D hat. Dann ist

$$M = 2A + 3B + C + 4D.$$

Wäre es nun möglich, eine einzige Molekel zu zerlegen und die erhaltenen einfachen Stoffe zu wägen, so würde sich das Gewichtsverhältnis

$$2A : 3B : C : 4D$$

ergeben. Weil nun ein homogener Körper nur eine Wiederholung vieler gleicher Molekel ist, so wird auch die Zerlegung des ganzen Körpers, der blos aus solchen Molekeln M besteht, dieses eben angeführte Gewichtsverhältnis liefern.

Die Erklärung des Gesetzes der Mischungsgewichte ist nun einfach. Wie schon Dalton gezeigt hat, erscheinen die Mischungsgewichte, speciell die früher genannten Aequivalentgewichte nunmehr als die relativen Gewichte der einzelnen Atome, die Coëfficienten m, n, p, q u. s. w. als die Anzahl der in der Molekel enthaltenen Atome gleicher Art. Dass diese Coëfficienten ganze Zahlen sein müssen, ist nun selbstverständlich.

Mit dieser Erklärung, welche sagt, dass die Rationalität der Mischungsgewichtsverhältnisse eine nothwendige Folge von der Zusammensetzung der Molekel aus Atomen sei, begnügte man sich längere Zeit, weil dieselbe zum Verständnisse vieler chemischer Erscheinungen hinreicht. Die Versuche aber, weiter vorzudringen und die relativen Gewichte der Atome zu ermitteln, also zu bestimmen, wie vielmal das Atom der einen Art schwerer sei als das andere, zeigten bald, dass die obengenannte Vorstellung ohne weitere Beihilfe dazu

Digitized by Google

nicht ausreicht. Dies ergibt sich schon aus folgendem Beispiele: Das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile des Wassers 1 Wasserstoff : 8 Sauerstoff wurde früher durch $H:O$ ausgedrückt. Man könnte demnach sagen, die Wassermolekel bestehe aus einem Atom Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff, das Atom Sauerstoff sei daher 8mal schwerer als das Wasserstoffatom, das Gewicht der Wassermolekel W sei dementsprechend 9mal grösser als das Gewicht des Wasserstoffatoms, da $W = H + O$. Dasselbe Gewichtsverhältnis lässt sich aber auch durch 2 Wasserstoff : 16 Sauerstoff ausdrücken, welches $2 \times 1 : 16$ ist, und man könnte sagen, es seien zwei Atome Wasserstoff und nur ein Atom Sauerstoff O in der Molekel enthalten, letzteres sei aber 16mal schwerer als ein Atom Wasserstoff. Jetzt hätte man das Verhältnis $2H:O'$, und das Gewicht einer Wassermolekel W' wäre 18mal grösser als das Gewicht eines Wasserstoffatoms, da $W' = 2H + O' = 18$. Ausserdem liessen sich noch viele andere Deutungen geben. Es blieb also fraglich, ob die Aequivalentzahlen den Atomgewichten gleich zu setzen seien.

156. Moleculargewicht, Atomgewicht. Ein Mittel, um die relativen Gewichte der Atome zu bestimmen, ist die Betrachtung der Volumverhältnisse der gasförmigen Körper. Nimmt man von verschiedenen Gasen und Dämpfen gleiche Volume und wägt dieselben, so ergeben sich aus dem Verhältnis dieser Gewichte Zahlen, welche als die Dichte jener Körper bezeichnet werden. Nimmt man also von Wasserstoffgas, Bromgas, Bromwasserstoffgas je einen Liter, so erfährt man durch Wägen, dass ein Liter Brom 80mal, ein Liter Bromwasserstoff $40^1/_2$mal so schwer sei als ein Liter Wasserstoffgas. Die Dichten verhalten sich also wie $1 : 80 : 40^1/_2$. Nach der zuerst von Avogadro ausgesprochenen Ansicht, welche seither durch viele physikalische und chemische Erfahrungen bestätigt wurde, enthalten aber gleiche Volume gasförmiger Körpor eine gleiche Anzahl von Molekeln. Demzufolge sind in einem Liter Bromgas ebensoviele Molekel enthalten, wie in einem Liter Wasserstoffgas. Da nun der Liter Bromgas 80mal so schwer ist als der Liter Wasserstoffgas, so muss auch jede einzelne Brommolekel 80mal so schwer sein als eine Wasserstoffmolekel, ferner muss eine Bromwasserstoffmolekel $40^1/_2$mal so schwer sein. Die Dichten der Gase verhalten sich also wie die entsprechenden Moleculargewichte.

Die Vergleichung der chemischen Zusammensetzung führt einen Schritt weiter. Wasserstoff und Brom sind einfache Körper, der Bromwasserstoff ist aber aus diesen beiden Substanzen zusammengesotzt, und zwar enthalten $40^1/_2$ Gewth. Bromwasserstoff $^1/_2$ Gewth. Wasserstoff, während die übrigen 40 Gewth. Brom sind. Würde man also für das Moleculargewicht des Bromwasserstoffes $40^1/_2$ nehmen, so würde die Menge Wasserstoff, die in der Molekel enthalten ist, weniger betragen als ein Atom Wasserstoff, nämlich $^1/_2$, während das Atomgewicht des Wasserstoffs von vornherein $H = 1$ angenommen wurde.

Um diesen Widerspruch aufzuheben, muss man die Zahl für das Moleculargewicht des Bromwasserstoffs verdoppeln, was 81 gibt. In einer Gewichtsmenge von 81 ist nun 1 Gewth. Wasserstoff gegen 80 Gewth. Brom enthalten, die

Molekel bestünde sonach aus einem Atom Wasserstoff nnd aus einem Atom Brom, sie wäre $H + Br = 1 + 80 = 81$. Die hier vorgenommene Verdoppelung muss aber an allen Zahlen, welche die früher bezeichnete Gasdichte ausdrücken, angebracht werden, dann erhält man die Moleculargewichte. Ist dies geschehen, so ergibt sich auch in allen übrigen, hier nicht genannten Beobachtungen kein Widerspruch mehr.

Die Moleculargewichte für Wasserstoff-, Brom- und Bromwasserstoffgas sind daher statt 1, 80, $40^1/_2$ von jetzt ab 2, 160, 81. Das Molecnlargewicht des Wasserstoffgases ist also $= 2$, die Wasserstoffmolekel ist doppelt so schwer als das Wasserstoffatom, sie besteht also aus 2 Atomen Wasserstoff $H + H = 2$. Auch die Brommolekel besteht aus zwei Atomen: $Br + Br = 80 + 80 = 160$.

Nunmehr lässt sich auch die im vorigen Abschnitte entstandene Frage über die Grösse der Wassermolekel beantworten. Der Wasserdampf ist 9mal dichter als das Wasserstoffgas, daher ist das Molecnlargewicht des Wassers $= 18$, also in der That 18mal grösser als das Atomgewicht des Wasserstoffs.

Das Moleculargewicht M eines homogenen Gases wird also ermittelt, indem man bestimmt, um wieviel dieses Gas dichter sei als Wasserstoffgas, und die erhaltene Zahl D mit 2 multiplicirt. Hierauf lässt sich durch die Analyse des Gases die Zusammensetznng der Molekel aus Atomen erschliessen, wie dies auch aus folgenden Fällen ersichtlich ist:

Gase	D	M	Die Mol. besteht aus Gewth.:	in Atomgewichten:
Wasserstoff	1	2	2 Wasserstoff	2 H
Wasser	9	18	2 Wasserstoff, 16 Sauerstoff	2 H + O
Sauerstoff	16	32	32 Sanerstoff	2 O
Salzsäure	$18^1/_4$	$36^1/_2$	1 Wasserstoff, $35^1/_2$ Chlor	H + Cl
Chlor	$35^1/_2$	71	71 Chlor	2 Cl
Ammoniak	$8^1/_2$	17	3 Wasserstoff, 14 Stickstoff	3 H + N
Stickoxydul	22	44	28 Stickstoff, 16 Sanerstoff	2 N + O
Stickoxyd	15	30	14 „ , 16 „	N + O

Diese Beispiele zeigen, dass man, sobald das Moleculargewicht bekannt ist, mittels der Gewichtsverhältnisse, welche die Analyse liefert, zn einem Urtheil über die Gewichte der Atome gelangt, indem man die geringste Gewichtsmenge, mit welcher ein einfacher Stoff in den Molekeln vorkommt, als das Atomgewicht betrachtet. Anf diese Weise hat man für alle Verbindungen, die Gase oder Dämpfe sind, oder sich durch Erwärmung in Dämpfe verwandeln lassen, die Atomgewichte der enthaltenen Stoffe mit grosser Wahrscheinlichkeit bestimmt. Für jene einfachen Stoffe hingegen, welche keine derlei Verbindungen liefern, war man genöthigt, durch die sorgfältige Vergleichnng anderer physikalischer Eigenschaften, wie der specifischen Wärme, des Isomorphismus, zu einem Schlusse zn kommen. Näheres hierüber in Lothar Meyer's „Moderne Theorien der Chemie“.

Die Atomgewichte der einfachen Stoffe, welche gegenwärtig zur Berechnnng der Zusammensetzung benutzt werden, sind in der folgenden Tafel angeführt. Die Zeichen für die Atome sind Abkürzungen der lateinischen Namen der Elemente.

Digitized by Google

Namen	Symbol	Atomg.	Namen	Symbol	Atomg.
Alnminium	Al	27	Nickel	Ni	59
Antimon	Sb	120	Niobium	Nb	94
Arsen	As	75	Osmium	Os	199
Baryum	Ba	137	Palladium	Pd	106
Beryllium	Be	9	Phosphor	P	31
Blei	Pb	207	Platin	Pt	197
Bor	B	11	Quecksilber	Hg	200
Brom	Br	80	Rhodium	Rh	104
Cadmium	Cd	112	Rubidium	Rb	85·4
Cäsium	Cs	133	Ruthenium	Ru	104
Calcium	Ca	40	Sauerstoff	O	16
Cer	Ce	92	Scandium	Sc	44
Chlor	Cl	35·5	Schwefel	S	32
Chrom	Cr	52	Selen	Se	79
Didym	Di	96	Silber	Ag	108
Eisen	Fe	56	Silicium	Si	28
Erbium	Er	166	Stickstoff	N	14
Fluor	F	19	Strontium	Sr	87·6
Gallium	G	70	Tantal	Ta	182
Gold	Au	197	Tellur	Te	128
Indium	In	113	Thallium	Tl	204
Iridium	Ir	198	Thorium	Th	232
Jod	J	127	Titan	Ti	50
Kalium	K	39	Uran	U	240
Kobalt	Co	59	Vanadin	V	51·3
Kohlenstoff	C	12	Wasserstoff	H	1
Kupfer	Cu	63·4	Wismuth	Bi	208
Lanthan	La	139	Wolfram	W	184
Lithium	Li	7	Ytterbium	Yb	173
Magnesium	Mg	24	Yttrium	Y	90
Mangan	Mn	55	Zink	Zn	65
Molybdän	Mo	96	Zinn	Sn	118
Natrium	Na	23	Zirkoninm	Zr	90

157. Formeln. Die gegenwärtig gebrauchten chemischen Formeln sind ihrer Bedentung nach von zweierlei Art. Für jene Verbindungen, deren Moleculargewicht durch Bestimmung der Dampfdichte ermittelt ist, können Molecularformeln geschrieben werden. Diese zählen die Atome auf, welche in der Molekel enthalten sind, z. B. H + H + O oder H_2O. Für jene Verbindungen aber, deren Moleculargewicht wir bis jetzt nicht kennen, und dieses ist bei fast allen Mineraleu der Fall, lassen sich nur die Gewichtsverhältnisse unter Benützung der Atomgewichte angeben. Die für Minerale gebrauchten Formeln sind daher fast durchwegs Verhältnisformeln, z. B. für das lichte Rothgiltigerz

3Ag : As : 3S. In den beiderlei Formeln pflegt man jedoch die Pluszeichen und die Verhältniszeichen wegzulassen, ferner die Coëfficienten rechts unten statt vorne zu schreiben, z. B. H_2O oder Ag_3AsS_3. Aeusserlich ist daher der Unterschied zwischen den beiden Arten von Formeln aufgehoben. Man darf sich aber dadurch nicht irre machen lassen. Vor Allem ist zu erinnern, dass man die Formel eines Minerales mit jeder beliebigen Zahl multipliciren dürfe, ferner dass man die Formel, die ja nur ein Verhältnis darstellt, durch Division mit derselben Zahl abkürzen dürfe.

Solange die Formel nichts weiter ausdrücken soll oder kann als das Gewichtsverhältnis der Bestandtheile, schreibt man die kleinste Formel, d. i. den Ausdruck mit den kleinsten Coëfficienten, also Ag_3AsS_3 anstatt $Ag_6As_2S_6$ etc. Wenn man aber mit den Molecularformeln verwandter künstlicher Verbindungen nicht in Widerspruch gerathen will oder wenn man gar eine wahrscheinliche Molecularformel zu schreiben gedenkt, so wird man zuweilen höhere Zahlen schreiben, auch wenn sich eine Abkürzung vornehmen liesse, z. B. für den Kalifeldspath $K_2Al_2Si_6O_{16}$. In den Fällen, da sich in der Formel eine ganze Gruppe von Atomen wiederholt, schreibt man den Coëfficienten vor das Zeichen derselben und nach derselben einen Punkt, oder gibt dieselbe in Parenthese, z. B. $2NH_4 . SO_4$ oder $2(NH_4)SO_4$ statt $N_2H_8SO_4$. Die Schreibweise der Mineralformeln ist entweder eine empirische, wie in den zuletzt aufgeführten Beispielen, oder sie ist eine gruppirende, wofern in denselben Atomgruppen, welche einfachen Verbindungen entsprechen, hervorgehoben worden, z. B. für Kalifeldspath in der Formel: $K_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2$.

158. Reaction. Jede chemische Veränderung ist eine Bildung neuer Molekel aus den früher vorhandenen. Führt die Erscheinung zur Bildung complicirter zusammengesetzter Molekel, so spricht man von einer Verbindung oder einem Aufbau, führt sie zur Entstehung einfacherer Molekel, so spricht man von einer Zerlegung oder einem Zerfall, bleibt sich die Zahl der Molekel vor nnd nach der Erscheinung gleich, so nennt man den Vorgang einen Austausch. Die chemische Veränderung oder Reaction wird durch eine Gleichung ausgedrückt, in welcher links der ursprüngliche, rechts der neue Zustand angeführt werden.

Die Verbindungen geschehen zuweilen durch Addition, so z. B bildet sich kohlensaurer Kalk beim Zusammentreffen von Kalk CaO und Kohlensäureanhydrid CO_2 bei gewöhnlicher Temperatur: $CaO + CO_2 = CaCO_3$.

Manchmal ereignet sich ein directer Zerfall einer Verbindung, so beim Glühen des kohlensauren Kalkes $CaCO_3 = CaO + CO_2$.

Die gewöhnliche chemische Wirkung oder Reaction besteht in einem Austausche, welcher als eine Vereinigung von Molekeln und ein unmittelbar darauffolgendes Zerfallen erscheint. Dieses Zerfallen erfolgt aber in einem anderen Sinne als dem der Vereinigung. Ein Beispiel wäre die Einwirkung von Schwefelsäure H_2SO_4 auf Kaliumoxyd, wodurch Kaliumsulfat und Wasser gebildet werden:

$$K_2O + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O.$$

Digitized by Google

Der Vorgang ist der Art, als ob H_2 gegen K_2 oder als ob SO_4 gegen O ausgetauscht worden wäre. Ein anderer Fall ereignet sich beim Zusammentreffen von Chlorkalium KCl und Silbernitrat $AgNO_3$ in wässeriger Lösung, wobei Chlorsilber und Kaliumnitrat gebildet werden.

$$KCl + AgNO_3 = AgCl + KNO_3.$$

Hier wäre der Austausch von K und Ag oder jener von Cl gegen NO_3 zu bemerken. Ein dem vorigen entsprechender Fall ist die Wirkung von Chlorbaryum $BaCl_2$ auf eine Auflösung von Calciumsulfat $CaSO_4$, wodurch Baryumsulfat nnd Chlorcalcium entstehen:

$$BaCl_2 + CaSO_4 = BaSO_4 + CaCl_2.$$

Dies könnte als ein Austausch von Ba gegen Ca oder von Cl_2 gegen SO_4 aufgefasst werden. Wenn ein solcher Austausch in wässeriger Lösung stattfindet, so zeigt sich jedesmal, dass eine der neu entstandenen Verbindungen schwerer löslich ist, als die früher vorhandenen. Die schwerer löslichen Verbindungen sind in den vorigen drei Beispielen K_2SO_4, AgCl, $BaSO_4$.

Die Reactionen sind öfters zum Theile Austausch, zum Theile Zerlegung, so bei der Einwirkung von Schwefelsäure H_2SO_4 auf Calciumcarbonat $CaCO_3$.

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + CO_2 + H_2O.$$

Hier zeigt der rechte Theil der Gleichung den Austausch von Ca gegen H_2 und zugleich ein Zerfallen, weil CO_2 und H_2O keine Verbindung mit einander bilden.

Nennt man die Atome und Atomgruppen, welche gegen einander ausgetauscht werden, äquivalent und bezeichnet dieses durch $\backsim$, so hat man in den vier angeführten Beispielen $K_2 \backsim H_2$, $K \backsim Ag$, $Ba \backsim Ca$, $Ca \backsim H_2$ und andererseits $O \backsim SO_4$, $Cl \backsim NO_3$, $Cl_2 \backsim SO_4$, $CO_3 \backsim SO_4$. Demnach sind mit einander äquivalent: $H \backsim K \backsim Ag$, ferner $H_2 \backsim K_2 \backsim Ca \backsim Ba$, ferner $Cl \backsim NO_3$ und $Cl_2 \backsim O \backsim SO_4 \backsim CO_3$. Das Aequivalent von Ca und Ba ist demnach doppelt so gross als das Aequivalent von H, K, Ag u. s. f.

Hieraus erkennt man, dass das Atomgewicht bald gleich, bald doppelt so gross ist, als die Aequivalentzahl.

159. Wasserstoff-Verbindungen. Aus den Dampfdichten folgt, dass die einfachen Stoffe meistens schon Verbindungen sind, indem zwei oder mehrere Atome in der Molekel enthalten sind, z. B. Wasserstoffgas H_2, Chlorgas Cl_2, Sauerstoffgas O_2, Phosphordampf P_4. Selten ist die Molekel einfach, d. i. sie besteht nur aus einem Atom, z. B. beim Quecksilber Hg, Cadmium Cd.

Von den einfachen Verbindungen verschiedenartiger Atome sind folgende als für die Classification wichtige Beispiele anzuführen:

HH	Wasserstoffgas.	ClH	Salzsäure oder Chlorwasserstoff.
OH_2	Wasser.	SH_2	Schwefelwasserstoff.
NH_3	Ammoniak.	PH_3	Phosphorwasserstoff.
CH_4	Sumpfgas.	SiH_4	Siliciumwasserstoff.

Digitized by Google

Die Wasserstoffverbindungen dienen als Ausgangspunkt einer Classification der Atome. Die angeführten Beispiele zeigen, dass von den Atomen die einen eine grössere, die anderen eine geringere Anzahl von Wasserstoffatomen zu binden vermögen; sie besitzen, wie man zu sagen pflegt, eine verschiedene Valenz, ihr chemischer Werth ist verschieden. Demnach kann man das Wasserstoffatom und das Chloratom einwerthig, das Sauerstoffatom zweiwerthig, das Stickstoffatom dreiwerthig, das Kohlenstoffatom vierwerthig nennen. Für den Anfänger werden die Valenzen öfters durch römische Ziffern angedeutet. z. B.: $\overset{I}{H}$, $\overset{I}{Cl}$, $\overset{II}{O}$, $\overset{II}{S}$, $\overset{III}{N}$, $\overset{IV}{C}$, $\overset{IV}{Si}$.

Ferner wird die Bindung der Atome unter einander zuweilen durch Striche, deren jeder eine Valenz-Einheit bedeutet, ausgedrückt, also:

Cl—H Salzsäure, H—H Wasserstoffgas, $O{<}^{-H}_{-H}$ oder H—O—H Wasser,

$C\begin{smallmatrix}\diagup H\\ -H\\ -H\\ \diagdown H\end{smallmatrix}$ oder $\begin{smallmatrix}H-\\ H-\end{smallmatrix}C\begin{smallmatrix}-H\\ -H\end{smallmatrix}$ Sumpfgas.

160. Chlorverbindungen.

HCl Salzsäure.	
OCl_2 Sauerstoffbichlorid.	SCl_2 Schwefelbichlorid.
PCl_3 Phosphorchlorür.	$AsCl_3$ Arsenchlorür.
CCl_4 Kohlenstoffchlorid.	$SiCl_4$ Siliciumchlorid.
PCl_5 Phosphorchlorid.	$SbCl_5$ Antimonchlorid.

Da das Chloratom einwerthig ist, so eignen sich auch die Chlorverbindungen zur Bestimmung der Valenz, es zeigt sich aber schon an den Beispielen PCl_3 und PCl_5, dass man es hier nicht mit constanten Zahlen zu thun habe. Viele Chemiker denken sich aber die Valenz constant, also das Phosphoratom fünfwerthig, und halten die Verbindungen, wie PCl_3, für unvollständig gesättigt, ebenso das Arsen für fünfwerthig und $AsCl_3$ für eine unvollständig gesättigte Verbindung, also $Cl_2=P\equiv Cl_3$ Phosphorchlorid, $=P\equiv Cl_3$ Phosphorchlorür. Ebenso gilt das Stickstoffatom als fünfwerthig, wonach $=N\equiv H_3$ Ammoniak eine ungesättigte Verbindung u. s. w. Demnach wird unter Valenz häufig das Maximum der Valenz verstanden.

Von den Chloriden der Metalle sind noch als Beispiele anzuführen:

LiCl, NaCl, KCl, AgCl.
$MgCl_2$, $CaCl_2$, $BaCl_2$, $ZnCl_2$, $PbCl_2$, $CuCl_2$.
$BiCl_3$, $AuCl_3$.
$TiCl_4$, $SnCl_4$.

Von den hieher gehörigen Verbindungen sind manche weniger einfach zusammengesetzt, indem sie zwei Metallatome enthalten, z. B. Cu_2Cl_2 Kupferchlorür, Al_2Cl_6 Aluminiumchlorid, Fe_2Cl_6 Eisenchlorid. Um diese mit den vorigen bezüglich der Valenz in Uebereinstimmung zu bringen, wird eine gegenseitige Bindung der Metallatome angenommen. Nach dem früher angeführten Beispiele $CuCl_2$ ist das Kupferatom zweiwerthig zu nehmen. Denkt man sich

nun zwei Atome Kupfer gegenseitig mit einer Valenzeinheit gebunden, die beiden übrigen Einheiten durch Chlor abgesättigt, Cl—Cu—Cu—Cl, so erhält man die Formel des Kupferchlorürs Cu_2Cl_2. Aluminium und Eisen werden als vierwerthig aufgefasst. Denkt man sich zwei Atome Aluminium gegenseitig mit einer Valenzeinheit gebunden, die beiderseits übrigen drei Einheiten durch Chlor abgesättigt, $Cl_3{\equiv}Al{-}Al{\equiv}Cl_3$, so hat man die Zusammensetzung des Aluminiumchlorides Al_2Cl_6. Ebenso kann man beim Eisenchlorid verfahren.

Von den Kohlenstoffverbindungen werden alle höher zusammengesetzten als Resultate solcher gegenseitiger Verknüpfungen erklärt.

Dem Gesagten entsprechend, werden die Atome der gewöhnlicher vorkommenden Stoffe nach den am häufigsten beobachteten Valenzen beiläufig classificirt wie folgt:

Einwerthige: H, F, Cl, Br, J, Li, Na, K, Ag.
Zweiwerthige: O, S, Se, Te, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Pb, Hg, Cu, Zn, Co, Ni.
Dreiwerthige: B, An.
Vierwerthige: C, Si, Ti, Sn, Al, Fe, Mn, Cr.
Fünfwerthige: N, P, As, Sb, Bi.

Die Verbindungen, welche in den Mineralen vorkommen, sind meistens derart, dass die hier angeführten Valenzen als constant angenommen werden können. Nur der Abkürzung wegen erlaubt man sich einige Abweichungen. In den sogenannten Cupro-Verbindungen, welche dem Kupferchlorür Cu_2Cl_2 analog sind, wird das Kupfer bisweilen als einwerthig bezeichnet, weil, wenn die Formel abgekürzt werden dürfte, selbe $CuCl$ lauten würde. Ebenso werden in den Aluminium-, den Ferri- und Mangani-Verbindungen, welche den Chloriden Al_2Cl_6, Fe_2Cl_6 entsprechen, Al, Fe, Mn bisweilen abkürzungsweise als dreiwerthig genommen, weil die Hälfte der Formel $AlCl_3$ und $FeCl_3$ lauten würde. In den Ferro- und Manganoverbindungen, welche den Chloriden Fe_2Cl_4 und Mn_2Cl_4 analog sind, erscheinen die Metallatome doppelt gebunden: $Cl_2{=}Fe{=}Fe{=}Cl_2$, also gleichfalls vierwerthig, doch pflegt man hier Fe und Mn zweiwerthig zu nehmen, entsprechend den abgekürzten Formeln $FeCl_2$ und $MnCl_2$.

161. Sauerstoffverbindungen.

A. Oxyde.

Wassertypus: H_2O Wasser, die Alkalien: K_2O Kali, Na_2O Natron Li_2O Lithion.
Kupferoxydul: Cu_2O.
Monoxyde: Die Erden: BeO Beryllerde, MgO Magnesia, CaO Kalkerde oder Kalk, SrO, BaO, ferner Schwermetalloxyde, wie PbO, ZnO, CuO.
Eisenoxydulreihe: Fe_2O_2 Eisenoxydul, Mn_2O_2 Manganoxydul. Sie werden gewöhnlich FeO, MnO geschrieben.
Sesquioxyde: Al_2O_3 Thonerde, Fe_2O_3 Eisenoxyd, Mn_2O_3 Manganoxyd, Cr_2O_3 Chromoxyd, Ti_2O_3 Titanoxyd.
Dioxyde: CO_2 Kohlensäure, SiO_2 Kieselerde, TiO_2 Titansäure, SnO_2 Zinnoxyd.
Pentoxyde: P_2O_5, As_2O_5.

Digitized by Google

Antimonoxydreihe: As_4O_6 Arsenoxyd, Sb_4O_6 Antimonoxyd, Bi_4O_6 Wismuthoxyd. Sie werden gewöhnlich mit der Hälfte der Formel bezeichnet: As_2O_3, Sb_2O_3, Bi_2O_3.

Trioxyde: SO_3, CrO_3, MoO_3, WO_3.

Man kann viele dieser Oxyde von den Chloriden abgeleitet denken, indem man immer statt zweier Atome Chlor ein Atom Sauerstoff in die Formel setzt. $CaCl_2$ gibt CaO, aus Cu_2Cl_2 leitet sich Cu_2O ab, aus Fe_2Cl_6 das Oxyd Fe_2O_3 und CCl_4 gibt CO_2. Bei den Atomen, deren Valenz unpaar ist, geht man von einer paaren Zahl von Molekeln aus. So gelangt man von $2HCl$ zu H_2O, von $2PCl_5$ zu P_2O_5.

B. Hydroxyde.

a) primäre:

Typus	Kalihydrat:	KHO, $NaHO$.
„	Brucit:	MgH_2O_2, CaH_2O_2, ZnH_2O_2.
„	Gibbsit:	$Al_2H_6O_6$, $Fe_2H_6O_6$.
„	Kieselhydrat:	SiH_4O_4, SnH_4O_4.

b) secundäre:

Typus	Diaspor:	$Al_2H_2O_4$, $Fe_2H_2O_4$, $Mn_2H_2O_4$.
„	Kohlensäure:	CH_2O_3, SiH_2O_3, TiH_2O_3.
„	Borsäure:	BHO_2.
„	Phosphorsäure:	PH_3O_4, AsH_3O_4.
„	Salpetersäure:	NHO_3.
„	Schwefelsäure:	SH_2O_4, WH_2O_4.

Die primären Hydroxyde können von den Chlorverbindungen abgeleitet werden nach der Regel, dass anstatt jedes Atoms Chlor je eine Gruppe Hydroxyl OH eintritt, welche einwerthig ist —O—H. Demnach entspricht dem Chlorkalium K—Cl das Kalihydrat K—O—H, dem Chlormagnesium $Mg=Cl_2$, der Brucit $Mg{<}^{-O-H}_{-O-H}$ u. s. w.

Die secundären Hydroxyde lassen sich ebenfalls von den Chloriden ableiten, indem das Chlor theilweise durch Hydroxyl, theilweise durch Sauerstoff ersetzt gedacht wird.

$Cl_3\equiv\overset{IV}{Al}-\overset{IV}{Al}\equiv Cl_3$	gibt Diaspor	$\begin{matrix}HO-\\O=\end{matrix}\overset{IV}{Al}-\overset{IV}{Al}\begin{matrix}-OH\\=O\end{matrix}$
$Cl_2=\overset{IV}{C}=Cl_2$	„ Kohlensäure . . .	$\begin{matrix}HO-\\HO-\end{matrix}\overset{IV}{C}=O$
$Cl-\overset{III}{B}=Cl_2$	„ Borsäure	$HO-\overset{III}{B}=O$
$Cl_3\equiv\overset{V}{P}=Cl_2$	„ Phosphorsäure .	$\begin{matrix}HO\\HO\\HO\end{matrix}{>}\overset{V}{P}=O$
$Cl-\overset{V}{N}\equiv Cl_4$	„ Salpetersäure .	$HO-\overset{V}{N}\equiv O_2$
$Cl_2=\overset{VI}{S}\equiv Cl_4$	„ Schwefelsäure .	$\begin{matrix}HO-\\HO-\end{matrix}\overset{VI}{S}\equiv O_2$

Hier werden ausser den früher angeführten auch die zwei Chloride NCl_5 und SCl_6, welche bisher noch nicht dargestellt worden sind, als Schemate benutzt. (Dem Sauerstoff gegenüber verhält sich der Schwefel sechswerthig, sonst aber zweiwerthig.)

Die secundären Hydroxyde können auch aus den primären durch Verlust von Wasser entstanden gedacht werden.

Aus Gibbsit $Al_2H_6O_6$ würde durch Verlust von 2 Mol. Wasser Diaspor gebildet nach dem Schema:

$$\begin{array}{l} H-O \diagdown \qquad \diagup O-H \\ H-O-Al-Al-O-H \\ H-O \diagup \qquad \diagdown O-H \end{array} \quad \text{gibt} \quad \begin{array}{l} HO- \qquad -OH \\ O = Al-Al = O \end{array} \quad \text{und} \quad 2\,H_2O.$$

Aus dem Kieselhydrat SiH_4O_4 würde durch Verlust von H_2O die Kieselsäure gebildet:

$$\begin{array}{l} H-O- \quad -O-H \\ \qquad Si \\ H-O- \quad -O-H \end{array} \quad \text{gibt} \quad \begin{array}{l} HO- \\ \quad Si=O \\ HO- \end{array} \quad \text{und} \quad H_2O.$$

162. Alle secundären Hydroxyde von der Kohlensäure bis zum Ende der Reihe werden Säuren und speciell Sauerstoffsäuren genannt. Jene, welche im Wasser löslich sind, zeigen saure Reaction **(150)**. Bezüglich der Kohlensäure CH_2O_3 ist zu bemerken, dass diese Verbindung zwar nicht sicher beobachtet wurde, dass jedoch dieses Schema zur Ableitung der später zu besprechenden Carbonate dient.

Dasjenige, was in der Säuremolekel ausser dem Hydroxyl vorhanden ist, wird die Säuregruppe oder das Radical der Säure genannt. So z. B. sind CO, PO, NO_2, SO_2 die Radicale der Kohlen-, Phosphor-, Salpetor- und Schwefelsäure.

Die primären Hydroxyde der ersten drei Typen werden Basen, speciell Oxybasen genannt. Die im Wasser löslichen zeigen alkalische Reaction.

Die Säuren und Basen üben auf einander eine energische Wirkung aus. Erstens geschieht eine rasche Verbindung beider, welche, wie jede chemische Vereinigung, von einer Wärmeentwicklung begleitet ist, zweitens erfolgt eine Abscheidung von Wasser, wodurch ein Salz gebildet wird, so z. B. beim Zusammentreffen von Kalkhydrat CaH_2O_2 mit Schwefelsäure H_2SO_4, welche schwefelsauren Kalk bilden.

$$Ca \begin{array}{l} -O-H \\ -O-H \end{array} \quad \text{und} \quad \begin{array}{l} H-O- \\ H-O- \end{array} SO_2 \quad \text{gibt} \quad Ca \begin{array}{l} -O- \\ -O- \end{array} SO_2 \quad \text{und} \quad 2\,H_2O.$$

Solche Reactionen werden abkürzungsweise als Austausch bezeichnet, weil in dem Schema

$$\begin{array}{l} H-O- \\ H-O- \end{array} Ca \qquad \begin{array}{l} H\,-O- \\ H\,-O- \end{array} SO_2 \quad \text{gibt} \quad \begin{array}{l} H-O-H \\ H-O-H \end{array} \quad \text{und} \quad Ca \begin{array}{l} -O- \\ -O- \end{array} SO_2$$

der Vorgang so erscheint, als ob Ca an die Stelle von H_2 übergetreten wäre, als ob in der Säure H_2 gegen Ca ausgetauscht worden wäre **(158)**. Man sagt daher häufig, in den Säuren werde der Wasserstoff durch Metall ersetzt.

Digitized by Google

Derselbe Vorgang lässt sich aber auch anders betrachten, nämlich:

$$\begin{array}{l} H-O- \\ H-O- \end{array} SO_2 \quad \begin{array}{l} H-O- \\ H-O- \end{array} Ca \quad \text{gibt} \quad \begin{array}{c} H-O-H \\ H-O-H \end{array} \quad \text{und} \quad O_2S\begin{array}{l} -O- \\ -O- \end{array}Ca.$$

Hier tritt die Säuregruppe SO_2 an die Stelle von H_2 hinüber, und hier werden in der Base zwei Wasserstoffatome durch SO_2 ersetzt. Man sagt daher auch, dass bei der Salzbildung der Wasserstoff der Base durch eine Säuregruppe ersetzt werde. Beide abgekürzte Ausdrucksweisen sind aber gleichberechtigt.

163. Nach der Anzahl der Hydroxylgruppen werden die Säuren eingetheilt in einbasische, wie die Salpetersäure $HO\,NO_2$, in zweibasische, wie die Kieselsäure H_2O_2SiO, Schwefelsäure $H_2O_2SO_2$, in dreibasische, wie die Phosphorsäure H_3O_3PO. Ebenso werden die Basen eingetheilt in einsäurige, wie Kalihydrat KOH, in zweisäurige, wie Zinkhydrat $Zn\,O_2H_2$ etc.

Aus allen Hydroxyden entstehen durch Abscheidung sämmtlichen Wasserstoffs in der Form von Wasser Anhydride, z. B.

$$Al_2H_6O_6 = Al_2O_3 + 3H_2O \qquad Al_2H_2O_4 = Al_2O_3 + H_2O$$
$$Si\,H_2O_3 = Si\,O_2 + H_2O \qquad SH_2O_4 = SO_3 + H_2O.$$

Deshalb werden die früher genannten Oxyde auch öfters Anhydride genannt, also SO_3 Schwefelsäure-Anhydrid, CO_2 Kohlensäure-Anhydrid, $Si\,O_2$ Kieselsäure-Anhydrid (Kieselerde).

Die secundären Hydroxyde sind demnach partielle Anhydride.

164. Schwefelverbindungen. Dieselben sind sehr häufig den Sauerstoffverbindungen entsprechend zusammengesetzt, namentlich ist dies der Fall bei den einfachen Schwefelverbindungen, welche Sulfide genannt werden. Dieselben sind analog

dem Wassertypus	z. B.	H_2S Schwefelwasserstoff, Ag_2S Silbersulfid.
„ Kupferoxydul	„	Cu_2S Cuprosulfid.
den Monoxyden	„	PbS, Zn S, Cu S Cuprisulfid.
der Antimonoxydreihe	„	As_2S_3, Sb_2S_3, Bi_2S_3.
den Sesquioxyden	„	Fe_2S_3, Ni_2S_3.
„ Dioxyden	„	$Fe\,S_2$, $Mn\,S_2$.

Wasserstoffhaltige Sulfide, welche den Hydroxyden entsprächen, sind nicht bekannt, doch werden oft die Schemate derselben angewandt, um die in den Mineralen vorkommenden Verbindungen zu classificiren. Denkt man sich in den Chloriden, wie Ag Cl, $Pb\,Cl_2$, $Cu\,Cl_2$, jedes Chloratom durch Hydrosulfyl HS, welches einwerthig ist, ersetzt, so erhält man:

$$Ag\,HS,\ Pb\,H_2S_2,\ Cu\,H_2\,S_2$$

welche Sulfobasen (Thiobasen) wären.

Entsprechend erhielte man aus $As\,Cl_3$, $Sb\,Cl_5$ die Hydrosulfide:

$$As\,H_3S_3 \ \text{und} \ Sb\,H_5S_5.$$

Digitized by Google

Ausserdem können secundäre Hydrosulfide (Sulfosäuren, Thiosäuren) abgeleitet werden, indem das Chlor der letztgenannten Chloride theils durch Scbwefel, theils durch Hydrosulfyl ersetzt gedacht wird. Aus $As\,Cl_3$ erhält man

$$As{\genfrac{}{}{0pt}{}{-SH}{=S}} \text{ oder } As\,H\,S_2\text{, aus } Sb\,Cl_5 \text{ erbält man } S=Sb{\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup SH}{\genfrac{}{}{0pt}{}{-SH}{\diagdown SH}}} \text{ oder } Sb\,H_3\,S_4.$$

165. Salze. Aus den secundären Hydroxyden leiten sicb durcb Austausch Verbindungen ab, welche Salze genannt werden. In diesen erscheint der Wasserstoff der Säure durch eino äquivalente Menge von Metall ersetzt. Die Salze folgen demnach dem Typus jener Säuren, aus welcben sie abgeleitet sind.

Scbreibt man also statt des Wasserstoffes der Oxy- und der Sulfosäuren die äquivalenten Metallatome, also statt H die Atome K, Na, Ag, statt H_2 die Atome K_2, Na_2 oder Ca, Mg, Zn, Pb. u. s. w., so erhält man die Formeln der neutralen Salzo. Ist die Säure geradbasiscb, die Baso ungeradsäurig odor umgekehrt, so müssen von der einen oder der anderen auch mohrore Molekel für die Ableitung des neutralen Salzes in Anspruch genommen werden. Um z. B. aus der Phosphorsäuro $H_3\,O_3\,PO$ ein neutrales Kalksalz zu erhalten, sind zwei Molekel Säure erforderlich:

$$\begin{matrix} H_3\,O_3\equiv P=O \\ H_3\,O_3\equiv P=O \end{matrix} \quad \text{geben} \quad \begin{matrix} Ca=O_3\equiv P=O \\ Ca= \\ Ca=O_3\equiv P=O \end{matrix} \quad \text{oder} \quad Ca_3\,2\,PO_4.$$

Beispiele der wichtigsten Salze sind:

a) Oxysalze:

Aluminate, von dem Typus Diaspor $H_2\,Al_2\,O_4$ abgeleitot, z. B. $Mg\,Al_2\,O_4$ Spinell. Diesem analog sind die übrigen Mitglieder der Spinellgruppe, z. B. $Fe\,Cr_2\,O_4$ Chromeisenerz.

Silicate. Die Silicato folgen dem Typus Koblensäure, indem sie der Säure $H_2\,Si\,O_3$ entsprecben, z. B. $Mg\,Si\,O_3$ Enstatit, $Ca\,Si\,O_3$ Wollastonit.

Carbonato, nach dem Schema $H_2\,CO_3$ gebildet, z. B. $Ca\,CO_3$ Calciumcarbonat, $Na_2\,CO_3$ Natriumcarbonat. Dem gleichen Typus folgen dio Titanate und Zirkonate.

Nitrate, von der Salpetorsäuro HNO_3 abgeleitet, z. B. $Na\,NO_3$ Natriumsalpeter, $Ca\,2\,NO_3$ Calciumnitrat.

Phosphate, von der Pbosphorsäure $H_3\,PO_4$ abgeleitet, z. B. $K_3\,PO_4$ Kaliumphosphat, $Ca_3\,2\,PO_4$ Calciumphosphat. Analog sind die Arsenate, z. B. $Pb_3\,2\,As\,O_4$ Bleiarsenat, ferner die Antimonate, Vanadate.

Sulfate, von der Schwefelsäure $H_2\,SO_4$ abgeleitet, z. B. $K_2\,SO_4$ Glaserit, $Ca\,SO_4$ Anhydrit. Demselben Schema folgen die Chromate, z. B. $Pb\,Cr\,O_4$ Rothbleierz, ferner die Wolframate, Molybdate, Tellurate, Selenate.

b) Sulfosalze:

Dieselben lassen sich von den Sulfosäuren ableiten, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Digitized by Google

Erster Typus: Von dem Schema H_3AsS_3 leiten sich ab: Ag_3AsS_3 lichtes Rothgiltigerz, Ag_3SbS_3 dunkles Rothgiltigerz, $Pb_3Sb_4S_6$ Boulangerit.

Zweiter Typus: Von der Sulfosäure $HSbS_2$ leiten sich ab: $AgSbS_2$ Miargyrit $PbSb_2S_4$ Zinckenit.

Dritter Typus: Von der Sulfosäure H_3AsS_4 leitet sich ab $\overset{I}{Cu}_3AsS_4$ Enargit.

c) Haloidsalze. So werden die Chloride, Bromide, Jodide, Fluoride zuweilen genannt, weil sie gleich den Oxysalzen durch Austausch aus der Salzsäure HCl, Flusssäure HF etc. entstehen können, z. B. $NaHO + HCl = NaCl + H_2O$ oder $CaCO_3 + 2HF = CaF_2 + H_2O + CO_2$.

Es gibt auch intermediäre Verbindungen, welche zum Theil Chloride oder Fluoride, zum Theil aber Oxyde oder Hydroxyde sind, z. B. HOCuCl basisches Kupferchlorid, vom Chlorid $CuCl_2$ durch theilweisen Ersatz des Chlors durch Hydroxyl abzuleiten, oder Bleioxychlorid Pb_2Cl_2O durch theilweisen Ersatz des Chlors durch Sauerstoff aus zwei Molekeln Bleichlorid $PbCl_2$ ableitbar:

$$Cl-Pb-Cl \text{ und } Cl-Pb-Cl \quad \text{geben} \quad Cl-Pb-O-Pb-Cl.$$

166. In den bisher betrachteten Salzen, welche neutrale Salze sind, erscheint der Wasserstoff der ursprünglichen Säure gänzlich durch Metall ersetzt. Es gibt aber auch solche Salze, in welchen der Wasserstoff der Säure nur zum Theile durch Metall ersetzt ist, welche also noch durch Metall vertretbaren Wasserstoff enthalten. Sie werden saure Salze genannt, z. B. $HKSO_4$ saures Kalisulfat, $CaHPO_4$ saures Kalkphosphat.

$$\begin{array}{l} H-O- \\ K-O- \end{array} S \equiv O_2 \quad \text{und} \quad \begin{array}{l} \quad H-O \diagdown \\ Ca \begin{array}{l} -O- \\ -O \diagup \end{array} \end{array} P=O.$$

Durch Abspalten von Wasser leiten sich von derlei Verbindungen saure Anhydridsalze ab, z. B. $K_2SO_4SO_3$ pyroschwefelsaures Kali von zwei Molekeln $HKSO_4$.

Als basische Salze werden solche bezeichnet, in welchen der Wasserstoff der ursprünglichen Basis nicht vollständig durch Säuregruppen ersetzt ist, so dass diese Salze noch Wasserstoff enthalten, welcher durch Säuregruppen vertreten werden kann. Hierher gehört das Kieselzinkerz $H_2Zn_2SiO_5$, welches vom Zinkhydrat ZnH_2O_2 und von der Kieselsäure H_2SiO_3 abzuleiten ist.

Man geht von zwei Molekeln Zinkhydrat aus, in welchen zwei Atome Wasserstoff durch die zweiwerthige Säuregruppe SiO vertreten werden.

$$\begin{array}{l} H-O-Zn-O-H \\ H-O-Zn-O-H \end{array} \quad \text{geben} \quad \begin{array}{l} H-O-Zn-O- \\ H-O-Zn-O- \end{array} SiO.$$

Ebenso leitet sich der Malachit $H_2Cu_2CO_5$ vom Kupferhydrat und der Kohlensäure ab.

$$\begin{array}{l} H-O-Cu-O-H \\ H-O-Cu-O-H \end{array} \quad \text{geben} \quad \begin{array}{l} H-O-Cu-O- \\ H-O-Cu-O- \end{array} CO.$$

Eine Mittelstufe bilden die basisch-sauren Salze wie der Kieserit H_2MgSO_5 oder $(HOMg)HSO_4$.

$$H{-}O{-}Mg{-}O{-}H \text{ und } \begin{matrix} H{-}O{-} \\ H{-}O{-} \end{matrix} SO_2 \quad \text{geben} \quad \begin{matrix} H{-}Mg{-}O{-} \\ H{-}O{-} \end{matrix} SO_2.$$

Durch Verlust von Wasser leiten sich aus den basischen Salzen die basischen Anhydridsalze ab, so z. B. aus dem Kieselzinkerz $H_2Zn_2SiO_5$ der Willemit Zn_2SiO_4.

$$\begin{matrix} H{-}O{-}Zn{-}O{-} \\ H{-}O{-}Zn{-}O{-} \end{matrix} SiO \quad \text{gibt} \quad O\begin{matrix} {-}Zn{-}O{-} \\ {-}Zn{-}O{-} \end{matrix} SiO \quad \text{und} \quad H_2O.$$

Demgemäss werden in der Folge auch die Salze Mg_2SiO_4 und Fe_2SiO_4, welche den Olivin bilden, als basische Anhydridsalze betrachtet. Manche Autoren bezeichnen dieselben als Orthosilicate und leiten sie von dem Kieselhydrat H_4SiO_4 (Orthokieselsäure) ab. Die eigentlichen Silicate, welche sich von der Kieselsäure H_2SiO_3 (Metakieselsäure) ableiten, werden sodann Metasilicate genannt.

Es gibt auch Salze, welche zwischen den Sauerstoffsalzen und Haloidsalzen intermediär sind. Sie lassen sich von den basischen Salzen ableiten, indem das Hydroxyl des basischen Salzes durch Chlor oder Fluor ersetzt gedacht wird. So lässt sich von der basisch phosphorsauren Magnesia HMg_2PO_5 der Wagnerit FMg_2PO_4 ableiten:

$$\begin{matrix} Mg\begin{matrix}{-}O{-}H\\{-}O{-}H\end{matrix} \\ Mg\begin{matrix}{-}O{-}H\\{-}O{-}H\end{matrix} \end{matrix} \qquad \begin{matrix} Mg\begin{matrix}{-}O{-}H\\{-}O\diagdown\end{matrix} \\ Mg\begin{matrix}{-}O{-}P{=}O\\{-}O\diagup\end{matrix} \end{matrix} \qquad \begin{matrix} Mg\begin{matrix}{-}F\\{-}O\diagdown\end{matrix} \\ Mg\begin{matrix}{-}O{-}P{=}O\\{-}O\diagup\end{matrix} \end{matrix}$$

2. Mol. Hydrat — Basisches Phosphat — Haloid-Sauerstoffsalz

Unter den Sulfosalzen gibt es ausser den neutralen auch solche, welche den basischen Anhydridsalzen entsprechen. Während also der Boulangerit $Pb_3Sb_2S_6$ ein neutrales Salz ist, gehört der Jordanit $Pb_4As_2S_7$ hierher.

$$\begin{matrix} H_3{\equiv}S_3{\equiv}Sb \\ H_3{\equiv}S_3{\equiv}Sb \end{matrix} \qquad \begin{matrix} Pb{=} \\ Pb{-} \\ Pb{=} \end{matrix}\begin{matrix} S_3{\equiv}Sb \\ S_3{\equiv}Sb \end{matrix} \qquad S\begin{matrix} {-}Pb_2{\equiv}S_3{\equiv}As \\ {-}Pb_2{\equiv}S_3{\equiv}As \end{matrix}$$

2. Mol. Sulfosäure — Boulangerit — Jordanit

167. Mehrfach zusammengesetzte Verbindungen. Viele Minerale bestehen aus einfacheren Verbindungen, welche sich auf dem zuvor angegebenen Wege aus den Wasserstoff- und Chlorverbindungen der Elemente ableiten lassen. Andere aber sind complicirtere Verbindungen, welche einer besonderen Erwähnung bedürfen. Hierher gehören insbesondere viele Silicate.

Manche der höher zusammengesetzten Verbindungen lassen sich als Verkettungen betrachten, welche durch mehrwerthige Metallatome hervorgebracht werden. Beispiele sind der Diopsid $CaMgSi_2O_6$, der Dolomit $CaMgC_2O_6$.

$$\begin{matrix} H{-}O{-}Ca{-}O{-}H \\ H{-}O{-}Mg{-}O{-}H \end{matrix} \qquad OSi\begin{matrix} {-}O{-}Ca{-}O{-} \\ {-}O{-}Mg{-}O{-} \end{matrix}SiO \qquad OC\begin{matrix} {-}O{-}Ca{-}O{-} \\ {-}O{-}Mg{-}O{-} \end{matrix}CO$$

2 Mol. Hydroxyd — Diopsid — Dolomit

Die Verkettung erfolgt dadurch, dass anstatt zweier H-Atome, welche zwei verschiedenen Molekeln zugehören, eine Säuregruppe eintritt. Ebenso verhält es sich beim Tremolit $CaMg_3Si_4O_{12}$.

Digitized by Google

$$\begin{array}{ll} H{-}O{-}Ca{-}O{-}H & H{-}O{-}Mg{-}O{-}H \\ H{-}O{-}Mg{-}O{-}H & H{-}O{-}Mg{-}O{-}H \end{array}$$

4 Mol. Hydroxyd

$$SiO\begin{array}{l}{-}O{-}Ca{-}O{-}SiO{-}O{-}Mg{-}O{-}\\{-}O{-}Mg{-}O{-}SiO{-}O{-}Mg{-}O{-}\end{array}SiO$$

Tremolit

Wegen der enormen Verbreitung sind die Alumosilicate von grosser Wichtigkeit. Dieselben zerfallen in zwei Abtheilungen. Die einen leiten sich von dem Hydroxyd $Al_2H_6O_6$ ab, indem die sechswerthige Gruppe Al_2 sechs Wasserstoffatome vertretend gedacht wird.

$$\begin{array}{lll} SiO\begin{array}{l}{-}O{-}H\\{-}O{-}H\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}H\\{-}O{-}\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}K\\{-}O{-}\end{array} \\ SiO\begin{array}{l}{-}O{-}H\\{-}O{-}H\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}\\{-}O{-}\end{array}\Big|\,Al & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}\\{-}O{-}\end{array}\Big|\,Al \\ SiO\begin{array}{l}{-}O{-}H\\{-}O{-}H\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}\\{-}O{-}\end{array}\Big|\,Al & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}\\{-}O{-}\end{array}\Big|\,Al \\ SiO\begin{array}{l}{-}O{-}H\\{-}O{-}H\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}\\{-}O{-}H\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}\\{-}O{-}K\end{array} \end{array}$$

4 Mol. Säure — Saures Salz — Leucit

Werden in dem sauren Salze die beiden Wasserstoffatome durch K ersetzt, so ergibt sich der Leucit: $4\,SiO_2\,.\,Al_2O_3\,.\,K_2O$.

Andere Alumosilicate sind von dem secundären Hydroxyd $Al_2H_2O_4$ oder $H_2O_2{=}Al_2{\equiv}O_2$ abzuleiten, indem die zweiwerthige Säure-Gruppe Al_2O_2 an die Stelle von zwei Wasserstoffatomen der Säuremolekel tritt und eine zusammengesetzte Thon-Kieselsäure bildet. Aus dieser werden hierauf Salze abgeleitet.

$$\begin{array}{lll} SiO\begin{array}{l}{-}O{-}H\\{-}O{-}H\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}H\\{-}O{-}\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}Na\\{-}O{-}\end{array} \\ & \quad Al_2O_2 & \quad Al_2O_2 \\ SiO\begin{array}{l}{-}O{-}H\\{-}O{-}H\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}\\{-}O{-}H\end{array} & SiO\begin{array}{l}{-}O{-}\\{-}O{-}Na\end{array} \end{array}$$

2 Mol. Säure — Thon-Kieselsäure — Natriumsalz dieser Säure

Die Salze, welche sich von der Thonkieselsäure $2\,SiO_2\,.\,Al_2O_3\,.\,H_2O$ ableiten, können entweder neutrale sein, wie das genannte $2\,SiO_2\,.\,Al_2O_3\,Na_2O$, welches Silicat im Nephelin und verwandten Mineralen die hauptsächliche Verbindung ist, oder sie können saure Salze sein, wie $2\,SiO_2\,.\,Al_2O_3\,.\,KHO$, welches in den Glimmern eine Rolle spielt, oder endlich können auch basische Salze auftreten, z. B. der Euklas $2\,SiO_2\,.\,Al_2O_3\,.\,2\,BeO\,.\,H_2O$.

$$\begin{array}{lll} HO{-}Be{-}OH & \begin{array}{l}H{-}O{-}\\ \quad{-}O{-}\end{array}SiO & \begin{array}{l}HO{-}Be{-}O{-}\\ \quad{-}O{-}\end{array}SiO \\ & Al_2O_2 & Al_2O_2 \\ HO{-}Be{-}OH & \begin{array}{l}\quad{-}O{-}\\ H{-}O{-}\end{array}SiO & \begin{array}{l}\quad{-}O{-}\\ HO{-}Be{-}O{-}\end{array}SiO \end{array}$$

2 Mol. Beryllium-Hydroxyd — Thonkieselsäure — Euklas

Die Mehrzahl der Alumosilicate gehört zu der zweiten Abtheilung. Es ist jedoch eine Classification der mehrfach zusammengesetzten Silicate gegenwärtig noch nicht durchzuführen, weil viele derselben in Bezug auf die Verbindung der Atome durch Valenzen, also in Bezug auf ihre chemische Constitution mehrere von einander verschiedene Auffassungen zulassen.

Digitized by Google

Noch muss erwähnt werden, dass in manchen Schriften auch jetzt noch eine Eintheilung der Silicate benutzt wird, welche dem gegenwärtigen Stande der Chemie nicht mehr entspricht. Dieselbe classificirt nach dem Verhältnisse der Valenz des Siliciums zur Valenz der Metalle (wobei Al dreiwerthig) z. B.

$SiO_2 . Mg_2O_2$	Verh.	4 : 4	oder 1 : 1	Singulosilicat
$SiO_2 . MgO$	„	4 : 2	„ 2 : 1	Bisilicat
$Si_6O_{12} . Al_2O_3 . K_2O$	„	24 : 8	„ 3 : 1	Trisilicat
$Si_2O_4 . Al_2O_3 . Na_2O$	„	8 : 8	„ 1 : 1	Singulosilicat
$SiO_2 . Zn_2O_2 . H_2O$	„	4 : 6	„ 2 : 3	Zweidrittelsaures Silicat.

Eine solche Eintheilung wäre blos für dio einfachston Fälle durchführbar, während sie für die Alumosilicate und die basischen Silicate unbrauchbar ist. Rammelsberg nennt die Singulosilicate Halbsilicate, die Bisilicate normale Silicate, die Trisilicate anderthalbfach saure S. etc.

168. Krystallwasser. Viele Verbindungen vermögen beim Krystallisiren aus wässeriger Lösung eine oder mehrere Molekel Wasser anzunehmen. So entstehen in einer gesättigten Lösung von Chlornatrium bei Temperaturen unter 0° C. monokline Krystalle von der Zusammensetzung $NaCl + 2H_2O$ (Hydrohalit), während bei gewöhnlicher Temperatur das wasserfreie Salz NaCl herauskrystallisirt. Das basischsaure Magnesiumsulfat findet sich monoklin als Kieserit $(MgOH)HSO_4$, mit grösserem Wassergehalt rhombisch als Bittersalz $(MgOH)HSO_4 + 6H_2O$, und man kann auch durch Verdampfen aus heisser Lösung ein monoklines wasserärmeres Salz $(MgOH)HSO_4 + 5H_2O$ erhalten. Das Calciumsulfat findet sich wasserfrei als Anhydrit $CaSO_4$ (rhombisch), und wasserhaltig als Gyps $CaSO_4 + 2H_2O$ (monoklin).

Das Bittersalz verliert, der trockenen Luft ausgesetzt, einen grossen Theil des Wassergehaltes und verstäubt (91), durch Befeuchten erhält man jedoch wieder Bittersalz. Der Gyps verliert durch Erwärmen auf 100 bis 200° C. sein Wasser bis auf den vierten Theil, durch Befeuchten entsteht wiederum Gyps. Nur wenn der Gyps stärker erhitzt wurde, ist er todtgebrannt, d. h. nun enthält er kein Wasser mehr und nun liefert das Befeuchten keinen Gyps mehr, das Product verhält sich wie Anhydrit.

Jener Wassergehalt krystallinischer Verbindungen, welcher zwar in bestimmter chemischer Proportion vorhandon ist, aber nicht wosentlich zur Verbindung gehört, wird K r y s t a l l w a s s e r genannt. Man denkt sich das Krystallwasser blos durch eino schwache Anziehung angefügt, nicht aber durch Valenzen angekettet. In den hiehergehörigen Krystallon ist also dio Krystallmolekel einerseits aus der Hauptmolekel, andererseits aus den angelagerten Wassermolekeln zusammengesetzt zu denken. Dieso Auffassung ist die erste, welche andeutet, dass die Krystallmolekol aus mehreren chemischen Molekeln zusammengesetzt sein kann.

Zum Unterschiedo vom Krystallwasser, welches schon fertig im Krystalle enthalten ist, wird jenes Wasser, welches erst beim Erhitzen der Hydroxyde, sowie der sauren und basischen Salze durch Zerstören der chemischen Ver-

bindung gebildet wird, als chemisch gebundenes Wassor oder Constitutionswasser, auch Hydratwasser, bezeichnot. Die Wassermenge also, welcho durch Erhitzen von Brucit, Gibbsit, Diaspor oder durch Erhitzen von Malachit erhalten wird, ist kein Krystall-, sondern Constitutionswasser. In manchen Mineralen wird boides zugleich angenommen, z. B. im Brushit $Ca\,H\,PO_4 + 3\,H_2O$ oder im vorgenannten Bittersalz.

Obwohl der Unterschied in theoretischer Beziehung vollkommen klar ist, so erscheint es doch in vielen Fällen schwierig, durch den Versuch nachzuweisen, ob das beim Erhitzen erhaltene Wasser als Krystallwasser enthalten war oder aus dem Wasserstoff und Sauerstoff der Verbindung entstanden ist, eine Schwierigkeit, auf welche namentlich v. Kobell aufmerksam gemacht hat. Das eine bleibt jedoch unzweifelhaft, dass der Wasserstoff, welcher erst bei der Glühhitze in der Form von Wasser fortgeht, chemisch gebunden war; dagegen ist es nicht sicher, dass das Krystallwasser bei 100° oder 120° C. vollständig fortgehe. Das Krystallwasser kann verschieden stark gebunden sein. Dies zeigen sohon die Beispiele Hydrohalit, Bittersalz, Gyps.

Schöne Versuche über die hier angedeutete Unterscheidung hat Damour an vielen Zeolithen angestellt. An einem derselben, dem triklinen Stilbit, hat Mallard gefunden, dass beim Erwärmen, während das Krystallwasser entweicht, der Axenwinkel und die Lage der optischen Axen sich ändern, beim Abkühlen aber unter Wasseraufnahme an der Luft das ursprüngliche optische Verhalten wiederkehrt, dass letzteres jedooh nicht eintritt, wenn durch Eintauchen in Oel die Wasseraufnahme gehindert wird. Damour, Annales de Chimie, Phys., 3ᵉ série, Bd. 53. Mallard, Bull. soc. min. Bd. 5, pag. 255.

169. Molekelverbindungen. So wie man sich die Krystallmolekel jener Minerale, welche Krystallwasser enthalten, aus einer bestimmten Verbindung und aus angelagerten Wassermolekeln zusammengesetzt denkt, ebenso kann man sich die Krystallmolekel mancher Minerale aus mehreren Molekeln gebildet denken, welche verschiedenartig sind und nur durch schwache Anziehungen mit einander verbunden werden. Derlei Molekelverbindungen bestehen demnach aus Theilen, die keino froien Valenzen darbieten. Beispiele sind das Natrium-Silber-Chlorid $Na\,Cl + Ag\,Cl$, das Kalium-Zink-Chlorid $K\,Cl + Zn\,Cl_2$. Hier wird gar keine Verkettung durch Valenzen, sondern blos eine Anlagerung angenommen.

Im Alaun $Al_2\,S_3\,O_{12} + K_2\,SO_4 + 24\,H_2\,O$ liesse sich eine Verkettung der beiden Sulfate denken, nach dem Schema

```
K—O—SO₂—O ╲          ╱ O—SO₂—O—K
        —O—Al₂—O—
   SO₂                   SO₂
        —O ╱      ╲ O—
```

In der Auflösung sind jedoch die beiden Sulfate von einander unabhängig, da sie durch eine poröse Wand ungleich rasch durchgehen (diffundiren). Ueberdies hat Thomsen gezeigt, dass beim Zusammentreffen zweier Lösungen, wovon die eine $Al_2\,S_3\,O_{12}$, die andere $K_2\,SO_4$ enthält, keine merklicho Wärmeentwick-

Digitized by Google

lung stattfindet, während dies bei jeder chemischen Verbindung der Fall ist. In der Lösung besteht sonach jedes der beiden Sulfate für sich, und sie vereinigen sich erst beim Krystallisiren, in welchem Augenblicke auch noch Wassermolekel hinzugenommen werden.

Der Alaun ist demnach ein Doppelsalz, aber auch viele andere Minerale werden als Doppelsalze oder allgemein als Molekelverbindungen betrachtet, weil es wahrscheinlich ist, dass die einzelnen Verbindungen, welche darin enthalten sind, erst im Angenblicke der Krystallisation oder bei der Bildung eines unlöslichen Niederschlages zusammentreten. So lange aber der positive Beweis, wie er beim Alann erbracht worden ist, noch fehlt, lassen sich derlei Minerale oft mit gleichem Rechte als chemische Verbindungen oder als Molekelverbindungen betrachten, z. B.:

	einheitlich		als Molekelverbindung
Matlockit . .	Pb_2Cl_2O	=	$PbCl_2 + PbO$
Dolomit . . .	$CaMg2CO_3$ . . .	=	$CaCO_3 + MgCO_3$
Diopsid . . .	$CaMg2SiO_3$ . .	=	$CaSiO_3 + MgSiO_3$
Tremolit . .	$CaMg_3 4SiO_3$.	=	$CaSiO_3 + 3MgSiO_3$
Glauberit . .	Na_2Ca2SO_4 . .	=	$Na_2SO_4 + CaSO_4$
Apatit	$ClCa_5P_3O_{12}$ . .	=	$Ca_3P_2O_8 + ClCa_2PO_4$
Orthoklas .	$K_2Al_2Si_6O_{16}$ . .	=	$K_2Al_2Si_2O_8 + 4SiO_2$
Jordanit . . .	$Pb_4As_2S_7$	=	$Pb_3As_2S_6 + PbS$

170. Berechnung der Formel. Wenn sich aus der Analyse eines Minerals ergibt, dass dasselbe aus e Percenten des einen, aus f Percenten des zweiten, aus g Percenten des dritten Bestandtheiles u. s. w. zusammengesetzt ist, so ist das Verhältnis dieser Zahlen gleich dem Zusammensetzungsverhältnisse, also nach (154)

$$e : f : g : \ldots = mA : nB : pC : \ldots$$

Da nun unter A, B, C die Mischungsgewichte verstanden werden und für dieselben jetzt allgemein die Atomgewichte im Gebrauche sind, so beziehen sich diese Zeichen auf die auf pag. 233 mitgetheilten Atomgewichte. Die Formel besteht aber ausser den Atomzeichen noch aus den Coëfficienten m, n, p etc., welche ganze Zahlen sind. Da nun

$$\frac{e}{A} : \frac{f}{B} : \frac{g}{C} : \ldots = m : n : p : \ldots,$$

so ist leicht zu erkennen, dass man das Verhältnis dieser Coëfficienten erhält, wofern man die percentischen Mengen der Bestandtheile durch die Atomgewichte dividirt und die berechneten Quotienten mit einander vergleicht. Man misst also jeden Bestandtheil der Verbindung mit seinem eigenen Massstabe, und dieser ist das Atomgewicht.

Das Verfahren wird durch folgende Beispiele klar:

Eine Analyse von Steinsalz hätte, wie früher angeführt wurde, 39·34 Perc. Natrium und 60·23 Perc. Chlor ergeben. Die Atomgewichte dieser beiden Stoffe sind Na = 23 und Cl = 35·5, wonach

für Natrium 39·34 : 23 = 1·710
„ Chlor 60·23 : 35·5 = 1·697

Die beiden letzteren Zahlen 1·710 und 1·697 verhalten sich aber wie 1 : 1. Die Coëfficienten sind also gleich anzunehmen, die Formel des Steinsalzes $NaCl$.

Der Kupferkies von Sayn lieferte H. Rose die folgenden percentischen Gewichtsmengen, neben welche sogleich die Atomgewichte und Quotienten gesetzt sind:

Eisen . . . . 30·47 : 56 = 0·544
Kupfer . . . 34·40 : 63·4 = 0·534
Schwefel . 35·87 : 32 = 1·121

Die letzteren Zahlen stehen in dem Verhältnisse 1 : 1 : 2·06, welches fast genau 1 : 1 : 2 ist und zu der Formel $FeCuS_2$ führt.

Man erhält in solcher Weise immer die einfachste Formel, während jene Formel, welche die Zusammensetzung richtig ausdrückt, ein vielfaches der vorigen sein kann. So z. B. wird von manchen Mineralogen für den Kupferkies die Formel $Fe_2Cu_2S_4$ als die richtigere angegeben.

Wenn die Analyse nicht das Gewichtsverhältnis der einfachen Stoffe, sondern die percentischen Mengen von Verbindungen angibt, so kann die Rechnung in der Weise geführt werden, dass man die percentischen Zahlen durch die aus den Atomgewichten erhaltenen Verbindungsgewichte dividirt. Als Beispiel diene die gleichfalls von H. Rose ausgeführte Analyse des Analcims von Fassa, welche, wie alle derlei Analysen, die erhaltenen Mengen von Kieselerde SiO_2, Thonerde Al_2O_3, Natron Na_2O, Wasser H_2O angibt. Hier wird die percentische Menge der Kieselerde durch die Zahl für SiO_2 dividirt, welche 60 ist, da Si = 28 und O = 16 u. s. w.

Kieselerde . . . 55·12 : 60 = 0·9187
Thonerde . . . . 22·99 : 103 = 0·2232
Natron . . . . . . 13·53 : 62 = 0·2182
Wasser . . . . . . 8·27 : 18 = 0·4594

Die letzten Zahlen, welche nahezu genau das Verhältnis 4 : 1 : 1 : 2 ergeben, führen zu der Formel $4SiO_2 . Al_2O_3 . Na_2O . 2H_2O$.

171. Polymorphie. Bei der Vergleichung der Minerale nach ihrer chemischen Zusammensetzung wird nicht selten die Erscheinung erkannt, dass zwei oder gar drei Minerale, welche durch die Krystallform und demzufolge durch den inneren Bau, sowie die damit zusammenhängenden physikalischen Eigenschaften verschieden sind, doch dieselbe chemische Beschaffenheit darbieten. Sie geben bei der Analyse dieselben Resultate, zeigen dieselben Reactionen, sind also chemisch gleich, aber physikalisch verschieden. Zuweilen lässt sich die Sache synthetisch verfolgen und darthun, dass in der That dieselbe Substanz unter bestimmten Umständen in dieser, unter anderen Umständen in jener Form krystallisirt. Von einer solchen Substanz sagt man, sie sei dimorph oder allgemein polymorph

Das längst bekannte Beispiel geben der rhomboëdrische Kalkspath und der rhombische Aragonit. Klaproth fand, dass dieser ebenso aus kohlensaurem Kalk bestehe, wie jener, doch schien es nach Stromeyer's Analysen, dass eine kleine Beimischung von kohlensaurem Strontian dem Aragonit seine abweichende Form verleihe, bis Forscher, wie Berzelius, Haidinger, G. Rose zeigten, dass der Aragonit, dessen spec. Gewicht s = 2·94, durch Erhitzen in Kalkspath (s = 2·72) verwandelt werde, und der letztere Beobachter fand, dass der kohlensaure Kalk, welcher in kohlensäurehältigem Wasser aufgelöst worden, beim Entweichen der die Auflösung bedingenden Kohlensäure in der Wärme vorzugsweise Aragonit, bei gewöhnlicher Temperatur aber Kalkspath absetze. Früher hatte schon Mitscherlich beobachtet, dass der Schwefel in zwei verschiedenen Formen erhalten werden könne: in rhombischer Form und gelber Farbe (s = 2·1), gleich dem natürlich vorkommenden beim Verdunsten der Auflösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff, in monokliner Form und brauner Farbe (s = 1·97) beim Erkalten des geschmolzenen Schwefels. Die Dimorphie des Eisenbisulfides FeS_2 wurde von Berzelius erkannt, welcher zeigte, dass sowohl der tesserale Eisenkies (s = 5·1), als auch der rhombische Markasit (s = 4·86) dieselbe chemische Formel geben, doch ist es bisher noch nicht gelungen, die Substanz FeS_2 in beiden Formen darzustellen, obgleich Wöhler dieselbe schon vor längerer Zeit in tesseralen Krystallen erhielt.

Bei dem Titan-Dioxyd TiO_2 wird eine Trimorphie angenommen. Diese Substanz hat als Brookit (s = 4·15) eine Krystallform, welche von den meisten Mineralogen für rhombisch gehalten wird. Ferner krystallisirt dieselbe als Rutil (s = 4·25) tetragonal mit dem Axenverhältnis a : c = 1 : 0·6442 und als Anatas (s = 3·9) auch tetragonal, jedoch mit dem Axenverhältnis a : c = 1 : 1·778. G. Rose gelang es, die Substanz TiO_2 in den beiden letzten Formen darzustellen.

Das Siliciumdioxyd SiO_2 ist dimorph, da selbes als Quarz (s = 2·65) in der früher angeführten trapezoëdrisch-tetartoëdrischen Form, und als Tridymit (s = 2·3) in mimetisch-hexagonaler Krystallform auftritt. Beide sind auch künstlich dargestellt worden.

Das Antimonoxyd Sb_2O_3 hat als Valentinit (s = 5·6) eine rhombische Form, während dasselbe als Senarmontit (s = 5·3) in Oktaëdern erscheint. Beide Formen entstehen, wie Fischer gezeigt hat, gleichzeitig bei der Verbrennung antimonhaltiger Minerale vor dem Löthrohre, die rhombische Form an den heissen, die oktaëdrische Form an den kühleren Stellen.

Das Arsenoxyd As_2O_3, das Zinksulfid ZnS, das Cuprosulfid Cu_2S sind ebenfalls dimorph, ausserdem noch mehrere andere Substanzen. Ueber die versteckte Dimorphie beim Leucit, Boracit, Glaserit s. pag. 205.

Während man die Ausdrücke dimorph, polymorph in Bezug auf die Substanz anwendet, kann man das Verhältnis der Minerale, welche dieselbe Substanz in verschiedenen Formen darstellen, als Heteromorphie bezeichnen und demnach sagen: Die Substanz kohlensaurer Kalk ist dimorph, die Minerale Kalkspath und Aragonit sind heteromorph.

Digitized by Google

Ein etwas anderes Verhältnis als bei den heteromorphen Mineralen besteht beim Graphit und Diamant. Beide liefern beim Verbrennen im Sauerstoffgase blos Kohlensäure, beide bestehen also aus Kohlenstoff, doch sind sie von einander nicht blos durch die Krystallform und die damit zusammenhängenden Eigenschaften, sondern ganz und gar verschieden. Der Graphit hat metallisches Ansehen und ist Leiter der Elektricität, der Diamant ist nicht metallisch und Nichtleiter. Nach Brodie verhalten sie sich auch bei chemischen Reactionen verschieden. Diese vollständige Verschiedenheit zweier oder mehrerer Modificationen desselben Elementes hat man Allotropie genannt. Der Kohlenstoff existirt noch in einer dritten, und zwar amorphen Modification.

Das Statthaben der Polymorphie lässt sich mittels der Moleculartheorie genügend klarstellen. Jede der verschiedenen Krystallformen hat eine andere Anordnung der Krystallmolekel (28). Dass dieselbe Substanz bald diese, bald jene Anordnung zeigen kann, würde aber schwer verständlich sein, wenn man bei der älteren Annahme stehen bliebe, nach welcher die Krystallmolekel und die chemische Molekel dasselbe wären. Die chemische Molekel, welche stets ein ganz bestimmtes Verhalten zeigt, muss eine constante Lagerung der Atome besitzen, kann also nicht in einem Falle diese, in einem anderen Falle jene Anziehung auf die Nachbarmolekel ausüben. Auch von anderer Seite wird ein Unterschied zwischen chemischer Molekel und Krystallmolekel angedeutet. So beim Schwefel, welcher im amorphen Zustande in Schwefelkohlenstoff unlöslich, in den beiden krystallisirten Zuständen aber darin löslich ist.

Man denkt sich demnach jeden Körper im gasförmigen, flüssigen und amorphen Zustande aus chemischen Molekeln bestehend, die Krystallmolekel hingegen aus mehreren solchen einfachen oder chemischen Molekeln zusammengesetzt. Nun wird der Polymorphismus verständlich. Beim Krystallisiren fügen sich mehrere einfache Molekel zu einer höheren Einheit, zur Krystallmolekel zusammen. Je nachdem eine grössere oder geringere Anzahl zusammentreten, wird ein solches System eine andere Anziehung auf die Nachbarsysteme ausüben, und es wird eine verschiedene Anordnung platzgreifen. So z. B. lassen sich die Erscheinungen beim kohlensauren Kalk erklären, wenn man davon ausgeht, dass die chemische Molekel $Ca\,CO_3$ ist, und annimmt, dass beim Zusammentreten von drei solchen Molekeln zu einer Krystallmolekel ein rhomboëdrisches, beim Zusammentreten von vier solchen Molekeln ein rhombisches Netz entstehe. Die Krystallmolekel des rhomboëdrischen Kalkspathes wäre dann $3\,Ca\,CO_3$, die des rhombischen Aragonits $4\,Ca\,CO_3$.

Bei der Allotropie hat man sich nicht blos verschieden grosse Krystallmolekel, sondern auch verschieden gebaute chemische Molekel zu denken. So z. B. würden zwei chemische Molekel, von welchen die eine C_3, die andere C_8 wäre, sich gänzlich verschieden verhalten.

172. Isomorphie. Das bedeutendste Resultat, zu welchem die Vergleichung der Krystallform verschiedenartig zusammengesetzter Verbindungen führte, ist die Wahrnehmung, dass chemisch-analog zusammengesetzte Verbind-

Digitized by Google

ungen häufig eine gleiche oder ähnliche Krystallisation zeigen. Diese Beobachtung wurde zuerst von Mitscherlich an phosphorsauren und arsensauren Salzen, hierauf an mehreren anderen Körpern gemacht, und es wurde jener Zusammenhang als Isomorphismus bezeichnet.

Im Bereiche der Minerale spielt der Isomorphismus eine ungemein wichtige Rolle. Die Aehnlichkeit und Zusammengehörigkeit vieler Mineralarten ist durch denselben aufgeklärt worden. Da der Isomorphismus den Zusammenhang der chemischen und der physikalischen Beschaffenheit andeutet, so ist von vornherein klar, dass hier unter ähnlicher Krystallisation nicht blos eine Gleichheit oder Aehnlichkeit der Kantenwinkel (Isogonismus), sondern die Gleichheit oder Aehnlichkeit des Krystallbaues zu verstehen sei. Demnach werden bei der Vergleichung der Formen sowohl die Winkel der wirklich vorhandenen Flächen, als auch die Verhältnisse der Cohäsion, und zwar zuerst der Spaltbarkeit in Betracht genommen.

An den tesseralen Krystallen zeigt sich die Bedeutungslosigkeit des Isogonismus am auffallendsten. Die verschiedenartigsten Verbindungen krystallisiren im tesseralen Systeme, in welchem die Winkel constant sind. Alle diese Verbindungen sind demnach isogon, aber noch nicht isomorph. Die Isomorphie lässt sich hier nur dadurch constatiren, dass die am häufigsten auftretenden Flächen, die Spaltbarkeit, die Art der Zwillingsbildung, als gleich erkannt werden.

Ein Beispiel der Isomorphie im rhombischen Systeme bieten die folgenden Carbonate, für welche das aufrechte Prisma (110) = m, die Längsfläche (010) = b, ferner (011) = k, (012) = u sind.

		110 : 1$\bar{1}$0	011 : 0$\bar{1}$1	Spaltbarkeit
Aragonit	$CaCO_3$	63° 50′	71° 34′	b, unvollk. : m, k.
Strontianit	$SrCO_3$	62° 41′	71° 48′	m, „ u, b
Cerussit	$PbCO_3$	62° 46′	71° 44′	m, u, unvollk. : b, k
Witherit	$BaCO_3$	62° 12′	72° 16′	b, unvollk. : m, u.

Diese Minerale sind also in der Form und in der Spaltbarkeit ähnlich, ebenso im optischen Verhalten, da dieselben alle optisch negativ sind und die erste Mittellinie $\mathfrak{a}$ der aufrechten Axe parallel haben. Im Uebrigen zeigt sich ein Unterschied darin, dass die beiden ersten die Ebene der optischen Axen parallel a = 100 und $\rho < \upsilon$, die beiden anderen aber jene Ebene parallel b und zugleich $\rho > \upsilon$ haben.

Im rhomboëdrischen Systeme bilden ebenfalls Carbonate eine Reihe von Mineralen, die als isomorphe gelten:

Kalkspath	$CaCO_3$	Rhomboëderwinkel	74° 55′	Spaltbarkeit	parallel R
Dolomit	$\left.\begin{matrix}Ca\\Mg\end{matrix}\right\} 2CO_3$	„	73° 45′	„	„
Manganspath	$MnCO_3$	„	73° 9′	„	„
Eisenspath	$FeCO_3$	„	73° 0′	„	„
Magnesit	$MgCO_3$	„	72° 40′	„	„
Zinkspath	$ZnCO_3$	„	72° 20′	„	„

Alle sind optisch negativ; während aber der Kalkspath unzweifelhaft rhomboëdrisch ist, erscheint der Dolomit rhomboëdrisch-tetartoëdrisch wie Dioptas (**43**); auch die in der Reihe darauf folgenden Glieder zeigen beim Aetzen oft Figuren, welche auf diese tetartoëdrische Abtheilung hinweisen.

Unter den rhomboëdrischen Mineralen sind ferner isomorph das lichte Rothgiltigerz oder der Proustit Ag_3AsS_3 mit dem dunklen Rothgiltigerz oder dem Pyrargyrit Ag_3SbS_3, ferner die drei Sprödmetalle Arsen, Antimon, Wismut und noch manche andere.

Das hexagonale System enthält eine ausgezeichnete isomorphe Reihe, welche den Apatit mit seinen beiden Gliedern: Chlorapatit $Ca_5P_3O_{12}Cl$ und Fluorapatit $Ca_5P_3O_{12}F$, ferner den Pyromorphit $Pb_5P_3O_{12}Cl$, den Mimetesit $Pb_5As_3O_{12}Cl$ und den Vanadinit $Pb_5V_3O_{12}Cl$ umfasst. Alle sind pyramidal-hemiëdrisch (**41**).

Im tesseralen Systeme ist die Spinellreihe ein sehr bekanntes Beispiel. Die zugehörigen Minerale zeigen als hauptsächliche Form das Oktaëder und das häufige Auftreten der Zwillingsbildung nach der Oktaëderfläche (pag. 89). Spinell $MgAl_2O_4$, Hercynit $FeAl_2O_4$, Automolit $ZnAl_2O_4$, Chromit $FeCr_2O_4$, Magnetit $FeFe_2O_4$ u. a.

173. Die chemische Analogie der isomorphen Substanzen ist in vielen Fällen eine leicht verständliche, wie in den vorigen Beispielen, da in den zum Vergleiche kommenden Formeln eine gleiche Anzahl gleichwerthiger (äquivalenter) und im chemischen Verhalten ähnlicher Atome angeführt erscheinen. In anderen Fällen, welche früher unverständlich waren und erst seit Anwendung der jetzt üblichen Atomgewichte aufgeklärt wurden, besteht die Analogie blos in der atomistischen Gleichartigkeit, indem die Formeln der isomorphen Substanzen zwar eine gleiche Anzahl der gleichartigen Atome angeben, ohne dass aber die letzteren äquivalent wären. Ein bekanntes Beispiel geben die beiden künstlichen Salze, überchlorsaures Kali $KClO_4$ und übermangansaures Kali $KMnO_4$, die vollständig isomorph sind, obwohl Cl einwerthig, Mn vierwerthig; ein ferneres Beispiel geben der Kalkspath $CaCO_3$ und der Natriumsalpeter $NaNO_3$, welche vollkommen isomorph sind, indem beide in der Form nahezu, in der Spaltbarkeit, in ihren übrigen Cohäsionsverhältnissen und im optischen Verhalten vollkommen übereinstimmen. Die Formeln zeigen atomistische Gleichartigkeit, die Metalle Ca und Na sind aber ungleichwerthig, indem ersteres als zwei-, letzteres als einwerthig betrachtet wird, ebenso erscheinen die Atome der Säurebildner C und N ungleichwerthig, indem ersteres als vier-, letzteres als fünfwerthig anzunehmen ist. Ein anderer hiehergehöriger Fall tritt bei den triklinen Feldspathen ein, von welchen der Albit $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ und der Anorthit $CaAl_2Si_2O_8$ isomorph sind. Der Vergleich der Formeln beider: $Na_2Al_2Si_2Si_4O_{16}$
nachdem die andere in der Gestalt: . . . . $Ca_2Al_2Al_2Si_4O_{16}$
geschrieben worden, ergibt wiederum atomistische Gleichartigkeit, obgleich Na_2 und Ca_2 nicht äquivalent, ebenso Si_2 und Al_2 nicht äquivalent sind.

Soviel bis jetzt bekannt ist, gibt es nur einen einzigen Fall, in welchem die Analogie der Zusammensetzung nicht zugleich als eine atomistische Gleichartigkeit erscheint. Derselbe tritt bei der Isomorphie der Kalium- mit den Ammoniumverbindungen ein. Schwefelsaure Kali-Magnesia $K_2Mg \cdot 2SO_4 + 6H_2O$ und das entsprechende Ammoniumsalz $2NH_4 \cdot Mg \cdot 2SO_4 + 6H_2O$ sind isomorph. Hier und in allen zugehörigen isomorphen Paaren erscheint das Atom K und die Gruppe Ammonium NH_4, welche sowohl äquivalent, als auch im chemischen Verhalten ähnlich sind, gleichartig, obwohl dieselben atomistisch verschieden sind.

Hier besteht also die chemische Analogie der isomorphen Verbindungen zum Theile in der Aequivalenz, in den zuvor angedeuteten Fällen besteht sie zum Theil in der atomistischen Gleichartigkeit, in den meisten Fällen aber vereinigt sich Aequivalenz und atomistische Gleichartigkeit.

Was die Aehnlichkeit der Form betrifft, so wurde schon früher, beim Kalkspath und Dolomit, eine Isomorphie hemiëdrischer und tetartoëdrischer Formen anerkannt. Ein anderer Fall ist die Isomorphie von Ilmenit $FeTiO_3$ und Eisenglanz $FeFeO_3$, wovon der erstere die trapezoëdrische Tetartoëdrie (42) zeigt, während der zweite rhomboëdrisch krystallisirt. Die Polkanten der Rhomboëder sind 94° 29′ und 94° 0′.

Der Winkelunterschied einiger Minerale, welche von manchen Forschern als isomorph betrachtet werden, ist ein recht bedeutender, wie im folgenden Beispiele:

Göthit . . $H_2Fe_2O_4$	$110:1\bar{1}0 = 85°\ 8'$	$011:0\bar{1}1 = 62°30'$	Spalth.	(010)
Manganit $H_2Mn_2O_4$	80°20′	57° 10′	„	(010), (110).

Solche in den Dimensionen stärker unterschiedene Minerale von analoger Zusammensetzung werden bisweilen als homöomorph bezeichnet.

174. Bei der Vergleichung isomorpher Verbindungen erscheinen jene Elemente, durch welche sich dieselben unterscheiden, als diejenigen, welche die Isomorphie bedingen. Sie werden sodann als isomorphe Elemente bezeichnet. So erscheinen bei der Vergleichung der beiden isomorphen Minerale, Magnesit $MgCO_3$ und Siderit $FeCO_3$, die beiden Atome Mg und Fe als die isomorphen Elemente. Die Atome sind also nicht für sich gedacht isomorph zu nennen, sondern immer nur in bestimmten Verbindungen, was oft übersehen wird

In vielen Verbindungen erscheinen isomorph:

Die einwerthigen: Cl, Br, J, auch F.
„ „ Li, Na, K, namentlich in höher zusammengesetzten Verbindungen. In einfachen NH_4 und K.
„ zweiwerthigen: S, Se, zuweilen auch Te.
„ „ Be, Mg, Zn.
„ „ Ca, Sr, Ba, Pb.
„ vierwerthigen: Al, Fe, Mn, Cr, ferner Al und Si in mehreren Silicaten.
„ fünfwerthigen: P, As, Sb, auch Bi.

Einwerthige mit zweiwerthigen: F mit O, Ag mit Cu, Na mit Ca.
Zweiwerthige mit vierwerthigen: Mg, Zn, Fe, Mn, Co, Ni.

175. In manchen Schriften werden die Begriffe des Isomorphismus und Isogonismus nicht getrennt, wodurch bisweilen ganz unrichtige Vergleichungen entstehen. Bei den tesseralen Verbindungen geschieht dies weniger häufig, weil hier die Bedeutungslosigkeit des Isogonismus gar zu auffällig ist; bei den anderen Krystallsystemen kommt es aber öfter vor. Ein Beispiel ist der Isogonismus des Kalkspathes $CaCO_3$ und des Rothgiltigerzes Ag_3AsS_3, welche zwar ähnliche Winkel und ähnliche Spaltbarkeit besitzen, aber durchans keine Analogie der Zusammensetzung zeigen. Trotzdem wird bisweilen von einer Isomorphie beider gesprochen. Andere solche Beispiele sind Chrysoberyll und Diaspor oder Angit und Borax.

Andererseits erscheint der Versuch ganz gerechtfertigt, durch Vergleichung der analog zusammengesetzten Verbindungen, auch wenn dieselben in der Form stärker verschieden sind, den Einfluss eines Elementes oder einer Grnppe von Elementen auf die Krystallform zu ermitteln, wie dies Groth unternahm, welcher die bei der Substitution des Wasserstoffes durch andere Atome oder Atomgruppen erfolgte Einwirkung auf die Form als Morphotropie bezeichnete.

In den Carbonaten, Silicaten, Sulfaten etc. ändert sich die Form oft wenig oder gar nicht, wenn anstatt des Magnesiums Eisen, Mangan, Zink eintreten, Dagegen wird die Krystallform in merklicher Weise verändert, wenn anstatt des Magnesiums das Element Calcium in die Verbindung tritt. So z. B. sind $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$ rhombisch isomorph im Enstatit und Hypersthen, dagegen ist in der Form damit kaum ähnlich $CaSiO_3$ der monokline Wollastonit, ferner sind $MgCO_3$ Magnesit und $FeCO_3$ Siderit beide rhomboëdrisch, vollkommen isomorph, während der Calcit $CaCO_3$ bezüglich der Form und Spaltbarkeit mit den vorigen grosse Aehnlichkeit zeigt, in den Cohäsionsverhältnissen aber davon etwas abweicht, indem er eine andere Schlagfigur, andere Aetzfigur zeigt etc.

Es gibt einige Fälle, in welchen sich der Isomorphismns mit der Dimorphie verbindet. Die eine Substanz krystallisirt in den Formen A und B, die andere in den Formen A′ und B′, wobei auf der einen Seite A und A′ und ebenso auf der anderen B und B′ isomorph sind. Dieser Zusammenhang wird Isodimorphie genannt.

Antimonoxyd Sb_2O_3	Arsenoxyd As_2O_3
rhombisch: als Valentinit	rhombisch: als Claudetit, isomorph mit Valentinit
oktaëdrisch: „ Senarmontit	oktaëdrisch: als Arsenit, isom. mit Senarmontit.

Lit. Mitscherlich, Abhandl. d. Berliner Akad. Dec. 1819, pag. 427. Berzelius, Annales de chimie et phys. 1820, Bd. 19, pag. 350. G. Rose, Zeitsch. d. dent. geol. Ges. Bd. 16, pag. 21, und Bd. 20, pag. 621. Kopp, Annalen d. Chem. u. Pharm. Bd. 36, pag. 1, und Pogg. Ann. Bd. 52, pag. 262. Schröder, ebendas. Bd. 106 u. 107. Autor, Sitzber. d. Wiener Ak. Bd. 45, pag. 635, Bd. 50, pag. 566. Groth, Pogg. Ann. Bd. 141, pag. 31.

176. Isomorphe Mischung. Isomorphe Verbindungen, welche aus derselben Flüssigkeit krystallisiren, vermögen Mischkrystalle zu bilden, welche die einzelnen Verbindungen je nach den Umständen der Bildung in wechselnder

Digitized by Google

Menge enthalten. So geben Lösungen der beiden isomorphen Salze: Zinkvitriol $ZnSO_4 + 7H_2O$ und Bittersalz $MgSO_4 + 7H_2O$ Mischkrystalle, welche in der Form den beiden vorigen sehr ähnlich sind und variable Mengen von dem einen und dem anderen enthalten. Ebenso geben Lösungen, in welchen Bittersalz, Zinkvitriol und Manganvitriol enthalten sind, isomorphe Mischkrystalle, welche nach den Umständen sehr verschiedene Mengen der drei Salze vereinigen, also bei der Analyse im Allgemeinen das Resultat:

$$x(MgSO_4 + 7H_2O) + y(ZnSO_4 + 7H_2O) + z(MnSO_4 + 7H_2O)$$

liefern, worin x, y, z beliebige reelle positive Zahlen sind.

Unter den krystallisirten Mineralen kommen Mischkrystalle sehr häufig vor. Oefters ist die Natur derselben schon durch den Farbenunterschied der an dem Krystall wahrnehmbaren Schichten angedeutet (65). Häufig aber sehen diese Krystalle ganz gleichartig aus und das Vorhandensein einer Mischung lässt sich erst erkennen, wenn die Zusammensetzung mit derjenigen anderer isomorpher Minerale verglichen wird. Die Krystalle des Olivins erscheinen meistens völlig homogen, ihre Zusammensetzung ist aber wechselnd $x(Mg_2SiO_4) + y(Fe_2SiO_4)$. Sie sind isomorph mit dem Forsterit Mg_2SiO_4 und dem Fayalit Fe_2SiO_4. Demnach ist nicht zu zweifeln, dass die Olivinkrystalle zu den Mischkrystallen gezählt werden müssen.

Was hier von den Krystallen gesagt wurde, gilt aber selbstverständlich auch für krystallinische Minerale, deren Individuen ja nur unausgebildete Krystalle sind. Der körnige Olivin ist demnach ebenfalls eine isomorphe Mischung.

Wenn zwei Substanzen wegen sehr verschiedener Löslichkeit nicht gleichzeitig aus derselben Auflösung krystallisiren, also keine Mischkrystalle geben können, so wird doch die leichter lösliche eine isomorphe Schichte über der schwer löslichen bilden. Wenn daher, wie Sénarmont zuerst beobachtet hat, ein Krystall oder ein Spaltungsstück von Kalkspath $CaCO_3$ in einer Lösung von Natriumsalpeter $NaNO_3$ sich mit einer isomorphen Schichte dieses Salzes bedeckt (56), so schliesst man, dass diese beiden Substanzen isomorph seien. Dies wird aber durch die Aehnlichkeit der Form, die Gleichheit der Spaltbarkeit und die Analogie der Zusammensetzung bestätigt.

Ebenso wird aus dem Fortwachsen eines Aragonitkrystalls in einer Lösung von Kaliumsalpeter KNO_3, welches von G. Rose wahrgenommen wurde, der Schluss gezogen, dass diese beiden Körper isomorph seien, und auch dieser Schluss wird durch die übrigen Eigenschaften beider Körper bekräftigt.

Verbindungen, welche in Bezug auf Hemiëdrie verschieden sind, liefern dennoch bisweilen Mischkrystalle.

Man kennt viele Mischungen des rhomboëdrischen Kalkspathes und des rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Dolomits, ebenso Mischungen des rhomboëdrischen Eisenglanzes und des trapezoëdrisch-tetartoëdrischen Ilmenits. Da nun die Fähigkeit, isomorphe Mischungen zu liefern, die am meisten charakteristische Eigenschaft der isomorphen Verbindungen bildet, so werden Calcit und Dolomit u. s. w. trotz des krystallographischen Unterschiedes als isomorph erklärt.

Bei der Darstellung von Mischkrystallen wurde wiederholt die Erfahrung gemacht, dass eine Substanz durch die Mischung mit einer anderen eine solche Form annahm, in welcher sie im isolirten Zustande nicht bekannt war, so dass durch diese Versuche ein Dimorphismus der Substanz offenbar wurde. So beobachtete schon Beudant, dass aus gemischten Lösungen der beiden Salze Zinkvitriol $ZnSO_4 + 7H_2O$ und Eisenvitriol $FeSO_4 + 7H_2O$ monokline Mischkrystalle von der Form des letzteren entstanden, und dass schon 15 Percente von Eisenvitriol genügen, um der Mischung die monokline Form zu geben. Der im isolirten Zustande rhombisch krystallisirende Zinkvitriol nimmt also in der Mischung eine monokline Form an. Später hat Rammelsberg solche Versuche auch an anderen Salzen ausgeführt.

Lit. Sénarmont, Comptes rend. Bd. 38, pag. 105, u. Pogg. Ann. Bd. 86, pag. 162. G. Rose, Berichte der deutschen chem. Ges. 1871, pag. 104. Autor, mineralogisch-petrogr. Mitth. Bd. 4, pag. 99.

177. In welcher Weise die Winkel des Mischkrystalls mit dem Gewichtsverhältnisse der enthaltenen Verbindungen im Zusammenhange stehen, lässt sich nach den bisherigen Beobachtungen noch nicht genauer angeben. Früher war die Ansicht allgemein, dass die Winkeldimensionen des Mischkrystalls zwischen denen der Componenten liegen, welche Ansicht durch die Winkel der rhomboëdrischen Carbonate und der Plagioklase bestätigt schien. Später zeigten aber Groth's Beobachtungen an den Mischungen von übermangansaurem Kali $KMnO_4$ und von überchlorsaurem Kali $KClO_4$, dass die Winkel der Mischkrystalle zum Theile ausserhalb der Grenzen liegen, welche durch die an den einfachen Salzen beobachteten Werthe gebildet werden.

Die Messungen, welche Neminar und Arzruni am Barytocölestin anstellten, der eine Mischung von Baryumsulfat und Strontiumsulfat ist, gaben ein ähnliches Resultat.

Lit. Groth, Pogg. Ann. Bd. 133, pag. 193. Neminar, Tschermak's Min. Mitth. 1876, pag. 59. Arzruni, Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. Bd. 24, pag. 484.

178. Die optischen Eigenschaften der Mischkrystalle zeigen häufig den Zusammenhang mit den optischen Eigenschaften der enthaltenen Verbindungen deutlich an.

In den optisch-einaxigen Mineralen sind die mit einander gemischten Verbindungen meistens optisch gleichartig, doch kommen auch Mischungen von optisch positiven und von optisch negativen Substanzen vor (pag. 183).

In den rhombischen Mineralen bieten die einzelnen Verbindungen häufig gleiche Orientirung, also blos Verschiedenheit im Axenwinkel dar. Die Mischung zeigt ein Variiren des Axenwinkels, je nach dem Verhältnis der Mischung. An den Mineralen der Bronzitreihe, welche Mischungen von $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$ sind, konnte der Autor nachweisen, dass mit der Zunahme der zweiten Verbindung, also mit Zunahme des Eisens auch der positive Axenwinkel zunimmt (vergl. auch pag. 184). Oefters tritt aber auch der Fall ein, dass in den sich mischenden Verbindungen die Axenebene eine verschiedene Lage hat (pag. 180).

In den monoklinen Mischkrystallen haben die darin vorhandenen Substanzen blos eine Elasticitätsaxe in gleicher Lage, zwei Elasticitätsaxen aber verschieden gelagert, wenngleich innerhalb der Symmetrieebene. Ein Beispiel einfacher Art geben die Mischungen der beiden Silicate $Ca\,Mg\,2\,Si\,O_3$ und $Ca\,Fe\,2\,Si\,O_3$ (Diopsidreihe). Beide Verbindungen haben die Ebene ihrer optischen Axen parallel der Symmetrieebene, wie der Gyps, pag. 194. In der ersten Verbindung ist aber der Winkel $\mathfrak{c}a = 51^\circ 6'$, in der zweiten $\mathfrak{c}a = 44^\circ 4'$. In den Mischkrystallen ist nun, wie der Autor zeigte, dieser Winkel kleiner als $51^\circ 6'$ und nähert sich umsomehr dem Werthe von 44°, je mehr von der zweiten Substanz darin vorhanden ist. Zugleich wird auch der positive Axenwinkel grösser, wie dies schon bei der Bronzitreihe bemerkt wurde.

In triklinen Mischungen sind die enthaltenen Substanzen im Allgemeinen optisch gänzlich verschieden, aber auch hier ändern sich Orientirung, Dispersion und Axenwinkel entsprechend dem Verhältnis der Mischung. Dies wurde von Schuster an den Plagioklasen erkannt, welche isomorphe Mischungen von Albit $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ und Anorthit $Ca_2Al_4\,Si_4O_{16}$ sind.

In der letzten Zeit wurden von Dufet, Mallard, Fock u. A. Versuche gemacht, die Abhängigkeit der Brechungsquotienten des Mischkrystalls von dem Gewichtsverhältnis und den Brechungsquotienten der einzelnen Substanzen zu ergründen.

Lit. Aut., Mineralog. Mitth. 1871, pag. 17. Schuster ebendas. Neue Folge, Bd. 3, pag. 117. Dufet, Bulletin d. l. soc. minéralogique d. F. Bd. 1, pag. 58. Mallard, ebendas. Bd. 3, pag. 3. Ann. de mines 7. Serie, Bd. 19, pag. 256. Fock, Zeitschr. für Kryst. Bd. 4, pag. 583.

179. Es kommt nicht selten vor, dass von den Verbindungen, welche in isomorpher Mischung auftreten, die eine oder die andere im isolirten Zustande noch nicht bekannt ist. So z. B. erweisen sich die Minerale der Bronzitreihe als Mischungen $x\,(Mg\,Si\,O_3) + y\,(Fe\,Si\,O_3)$, doch ist nur die erstere Verbindung für sich als Enstatit bekannt, während bisher noch kein Mineral von der Zusammensetzung $Fe\,Si\,O_3$ gefunden wurde. Andere Mineralgattungen lassen durch das Schwanken ihrer Zusammensetzung deutlich erkennen, dass sie isomorphe Mischungen sind, jedoch Mischungen solcher Verbindungen, welche sämmtlich für sich noch nicht beobachtet wurden. Hieher gehört der Skapolith, Chabasit u. a. m.

Die Berechnung isomorpher Mischungen, welche zuerst von Beudant versucht wurde, erfolgt in derselben Weise, wie jene der chemischen Verbindungen. Die Coëfficienten x, y, z etc geben aber oft kein einfaches, sondern ein complicirtes Verhältnis. Das Beispiel eines einfachen Falles gibt ein Tiroler Bronzit, welcher nach Regnault's Analyse die Mischung $5\,Mg\,Si\,O_3 : Fe\,Si\,O_3$ hat. Der Ausdruck will sagen, dass in dem Mineral die beiden Verbindungen so gemischt sind, dass im Durchschnitte immer gegen 5 Molekel der ersteren, eine Molekel der zweiten Verbindung vorkommen.

Solange unter den chemischen Zeichen blos Mischungsgewichte verstanden wurden, konnten die Factoren x, y etc. auch Brüche sein, daher das vorgenannte

Verhältnis auch in der Form $\frac{5}{6}$ Mg Si O_3 : $\frac{1}{6}$ Fe Si O_3 oder zusammengezogen $(Mg\frac{5}{6})(Fe\frac{1}{6})SiO_3$ geschrieben wurde, während gegenwärtig, da jene Zeichen Atome bedeuten, Bruchtheile der letzteren zu schreiben keinen Sinn hätte. Der älteren Schreibweise gemäss wurde auch gesagt, das Mischungsgewicht eines Bestandtheiles der Verbindung werde zum Theile durch die äquivalente Menge eines anderen Stoffes ersetzt und die Stoffe, welche in solcher Weise für einander eintretend gedacht wurden, bezeichnete man dem Vorschlage J. N. Fuchs' gemäss als vicariirende Bestandtheile. Sie sind dieselben, welche früher als isomorphe Elemente aufgeführt wurden. Beim Vergleiche der Zusammensetzung des Enstatits $MgSiO_3$ mit derjenigen des isomorphen Bronzits aus dem vorigen Beispiele $(Mg\frac{5}{6})(Fe\frac{1}{6})SiO_3$ konnte man also früher sagen, dass in diesem Bronzit ein Sechstel der Magnesia durch die äquivalente Menge Eisen ersetzt sei, und dass hier Eisen und Magnesia vicariiren. Die vicariirenden Elemente wurden in der allgemeinen Formel der Mischung neben einander gesetzt und durch Beistriche getrennt. Die allgemeine Formel des Bronzits wurde demnach $(Mg, Fe)SiO_3$ geschrieben. Man kann diese Schreibweise auch ferner benützen, wofern man die gegenwärtig angenommene Vorstellung damit verbindet. Der Olivin als isomorphe Mischung von Mg_2SiO_4 und Fe_2SiO_4 kann demnach durch $(Mg, Fe)_2SiO_4$ bezeichnet werden; der Epidot, welcher eine isomorphe Mischung von $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$ und $H_2Ca_4Fe_6Si_6O_{26}$ ist, durch $H_2Ca_4(Al, Fe)_6Si_6O_{26}$ u. s. f.

Anstatt das durchschnittliche Verhältnis der Molekelanzahl einer isomorphen Mischung anzugeben, pflegt man häufig die percentische Menge der gemischten Substanzen zu berechnen.

Aus der Analyse des Eisenspathes von Ehrenfriedersdorf, welche Magnus 36·81 Procente Eisenoxydul, 25·31 Manganoxydul und 38·35 Kohlensäure lieferte, würde sich das Verhältnis $17FeO : 12MnO : 29CO_2$ ergeben, also das durchschnittliche Mischungsverhältnis $17FeCO_3 : 12MnCO_3$. Wenn man jedoch davon ausgeht, dass in 100 perc. Eisencarbonat 62·07 Eisenoxydul enthalten sind, so berechnet sich aus $100 : 62{\cdot}07 = x : 36{\cdot}81$, dass 59·31 perc. Eisencarbonat vorhanden seien, ebenso daraus, dass in 100 perc. Mangancarbonat 61·74 Manganoxydul enthalten seien, aus $100 : 61{\cdot}74 = y : 25{\cdot}31$ die Menge des Mangancarbonates zu 41·00 perc. Genannter Eisenspath ist also eine Mischung von 59 perc. Eisencarbonat mit 41 perc. Mangancarbonat.

Lit. Beudant, Annales de mines 1817, Bd. 2, p. 8. J. N. Fuchs, Schweigger's Journ. f. Chem. u. Phys., Bd. 15, p. 377.

180. Das Stattfinden der Isomorphie und die Bildung isomorpher Mischungen lässt sich durch die Moleculartheorie anschaulich machen. Die chemisch-analogen Molekel der isomorphen Krystalle sind kleine Planetensysteme, in welchen die Atome eine fast gleiche gegenseitige Stellung besitzen und demzufolge nach aussen gleich oder fast gleich orientirte Anziehungen ausüben. Derlei Molekel geben ähnliche Anordnungen, also Krystalle, deren Winkel und Spaltbarkeit gleich oder wenig verschieden sind. Da es in erster Linie auf die gegenseitige Stellung der Atome ankommt, nicht aber auf deren Qualität, so wird es auch

gleichartige Anordnungen geben, in welchen Atome von verschiedener Valenz entsprechende Plätze einnehmen, wie Natriumsalpeter $NaNO_3$ und Kalkspath $CaCO_3$. Es ist auch leicht begreiflich, dass eine Lösung, in der zwar verschiedenartige, aber solche Molekel enthalten sind, welche eine fast gleiche Orientirung ihrer Anziehungen besitzen, Krystalle liefern kann. In diesen Krystallen werden die verschiedenartigen Molekel in paralleler Stellung angeordnet sein, indem sie bald schichtenweise abwechseln, bald aber in solcher Art gemischt sind, dass die Krystalle gleichartig aussehen. Die Mischung des Krystalls kann von einem Punkte znm andern variiren, die Analyse gibt immer blos das Durchschnittsverhältnis des untersuchten Stückes. Die isomorphen Mischungen sind überhaupt dadurch erklärt, dass man sie als innige parallele Verwachsungen bezeichnet.

Die Lehre vom Isomorphismus, welche einerseits die Analogie der chemischen Zusammensetzung, andererseits die Aehnlichkeit der Krystallform in sich fasst, kann wegen der Unbestimmtheit dieser beiden Begriffe leicht zum Irrthum führen. In der That wurde bald die Analogie der Zusammensetzung willkürlich umgedeutet, bald die Aehnlichkeit der Form über grosse Unterschiede hinweg bis über die Grenzen der Krystallsysteme ausgedehnt. Die richtige Auffassung der isomorphen Mischnng wurde dadurch getrübt, dass man die Elemente als nach äquivalenten Mengen vicariirend betrachtete, z. B. äquivalente Mengen von Calcium, Natrium, Kalium, Eisen, Kupfer etc., ohne zu prüfen, ob die analog zusammengesetzten Verbindungen existiren oder möglich sind. Die heutige Chemie kennt aber kein Vicariiren nach Aequivalenten, wofern diese Bruchtheile von Atomen sind, also kein Vicariiren äquivalenter Mengen von Calcium mit solchen von Natrium, Kalium, weil das Aequivalent des Calciums die Hälfte seines Atomgewichtes ist u. s. w.

181. Darstellung der Verbindungen. Das Resultat, welches die Analyse eines Minerales ergeben hat, erhält erst seine volle Bestätigung, wenn es gelingt, dieselbe chemische Verbindung in der nämlichen Form, wie selbe in der Natur vorkommt, künstlich darzustellen. Diese Operation ist entweder eine Synthese, eine Herstellung der Verbindung aus den Elementen, oder ein Krystallisiren, ein Erfüllen der Bedingungen, unter welchen eine schon vorhandene Verbindung Krystalle liefert **(10)**.

Derlei Darstellungen wurden früher auch zu dem Zwecke unternommen, die Bildungsweise der Minerale kennen zu lernen. Dabei wurde oft übersehen, dass ein Experiment ohne vorausgegangene Beobachtung hier nichts lehre, denn auch wenn es gelingt, eine Mineralverbindung auf irgend eine Weise darzustellen oder zum Krystallisiren zu bringen, so ist es nicht erlaubt, zu schliessen, dass die Natur bei der Bildung des entsprechenden Minerales den gleichen Weg eingeschlagen habe. Die Bildungsweise eines Miuerales lässt sich blos in der Natur, an der Lagerstätte, beobachten oder aus der Beschaffenheit und dem Vorkommen des Minerales erschliessen. Erst wenn ein solcher Schluss vorliegt, ist dem Experimentator eine Aufgabe gestellt. Jetzt wird er durch Versuche zu

Digitized by Google

entscheiden trachten, ob unter don Umständen, welche man bei der beobachteten oder vermutheten Bildungsweise wirksam denkt, jene Verbindung und jene Krystallisation zu Stande kommt, welche das in Frage stehende Mineral darbietet.

Da man blos jene Körper, welche Bestandtheile der Erdrinde, und ohne die Absicht des Menschen entstanden sind, als Minerale bezeichnet, so ist es eigentlich nicht ganz consequent, zu sagen, dass wir Minerale künstlich darzustellen vermögen, vielmehr lässt sich eine solche Darstellung besser als eine Nachahmung bezeichnen. Es ist aber allgemein üblich, von künstlichem Bleiglanz, Angit etc. zu sprechen.

Die eleganteste Methode zur Darstellung von Mineralverbindungen ist die gegenseitige Einwirkung von Dämpfen bei höherer Temperatur. Dämpfe von Zinkchlorid geben beim Zusammentreffen mit Schwefelwasserstoff Krystalle von Zinkblende ZnS nach der Gleichung $ZnCl_2 + H_2S = ZnS + 2HCl$. Die entstandene Salzsäure geht gasförmig fort. (Durocher.) Dämpfe von Titanchlorid oder Titanfluorid liefern bei der gegenseitigen Zersetzung mit Wasserdämpfen Titandioxyd TiO_2 in der Form des Rutils, unter bestimmten Umständen auch von der Form des Brookits: $TiCl_4 + 2H_2O = TiO_2 + 4HCl$ (Hautefeuille).

Auch durch Einwirkung von Dämpfen auf feste Körper bilden sich zuweilen krystallisirte Verbindungen, z. B. Zinksilicat in der Form des Willemits bei der Einwirkung von Kieselfluorid auf Zinkoxyd: $SiFl_4 + 4ZnO = Zn_2SiO_4 + 2ZnFl_2$, das entstandene Zinkfluorid wird bei der hohen Temperatur verflüchtigt (S. C. Deville).

Eine andere Methode, krystallisirte Verbindungen darzustellen, benützt gleichfalls hohe Temperaturen und lässt die Körper aus einer Schmelze krystallisiren. Unabsichtlich erhält man auf solchem Wege die Krystalle in den Hohlräumen der Schlacken beim Eisenprocess, z. B. Krystalle von der Form und Zusammensetzung des Olivins, des Diopsids, des Humboldtiliths. Absichtlich lassen sich durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile vielerlei Krystalle darstellen, z. B. solche, welche dem Antimonglanz, dem Diopsid entsprechen (Mitscherlich).

Durch Herstellung einer Schmelze von geeigneter percentischer Zusammensetzung und nachherige langdauernde Erhitzung unterhalb des Schmelzpunktes können mikroskopische und auch grössere Krystalle erhalten werden, welche mehreren Feldspathen, ferner dem Leucit, Nephelin, Augit etc. entsprechen (Fouqué und Lévy). Durch Zusammenschmelzen von Verbindungen, welche eine doppelte Zersetzung eingehen, wurden eine Anzahl Minerale nachgeahmt, z. B. Baryt durch Zusammenschmelzen von Chlorbaryum und Kaliumsulfat $BaCl_2 + K_2SO_4 = BaSO_4 + 2KCl$, das entstandene Chlorkalium wurde durch Wasser entfernt (Manross). Ebenso wurde Gelbbleierz durch Schmelzen von Chlorblei mit der entsprechenden Menge von molybdänsaurem Natron und Auflösung des gebildeten Chlornatrium nachgeahmt: $PbCl_2 + Na_2MoO_4 = PbMoO_4 + 2NaCl$.

Eine allgemeiner anwendbare Methode wurde von Ebelmen angebahnt. Bei dieser fungirt ein Theil der Schmelze blos als Lösungsmittel. Durch Schmelzen der Stoffe, welche dem Olivin, dem Perowskit entsprechen, mit Bor-

säure entstand in der Hitze des Porzellanofens eine Flüssigkeit, die nach allmäligem Verdampfen der Borsäure Krystalle hinterliess, welche die Eigenschaften des Olivins, resp. des Perowskits besassen. Viele andere Krystalle wurden durch ähnliche Versuche dargestellt. Für die Lehre vom Isomorphismus war besonders die Nachahmung der Glieder der Spinellreihe (p. 252) von Wichtigkeit. Forchhammer benutzte eine Schmelze von Chlornatrium, in welche die Bestandtheile des Apatits eingetragen waren, um die dem letzteren entsprechenden Krystalle darzustellen. Wolframsaures Natron eignet sich ebenfalls als Lösungsmittel bei hohen Temperaturen. Orthoklas, Albit, Quarz, Tridymit lassen sich in einer solchen zweckmässig zusammengesetzten Schmelze, welche längere Zeit erhitzt wird, krystallisirt darstellen (Hautefeuille).

Durch Ausscheidung aus wässerigen Lösnngen bei mässigen Temperaturen wurden viele Verbindungen, welche als Minerale vorkommen und in Wasser löslich sind, hergestellt, es gelang aber auch, durch Modificationen des Verfahrens schwer lösliche Minerale nachzuahmen, indem eine doppelte Zersetzung eingeleitet, aber durch allmälige Diffusion verlangsamt wurde (Macé, Drevermann) Eisenvitriol und salpetersaures Baryum gaben schöne Barytkrystalle $FeSO_4 + BaN_2O_6 = BaSO_4 + FeN_2O_6$, chromsaures Kali und salpetersaures Blei lieferten Krystalle von Rothbleierz $K_2CrO_4 + PbN_2O_6 = PbCrO_4 + 2KNO_3$.

Bei derlei Versuchen wurde aber zuweilen ein starker Druck, oft auch zugleich eine höhere Temperatur angewandt. Die auf einander wirkenden Stoffe waren mit Wasser in Glasröhren eingeschlossen, welche auf 100° bis 250° erhitzt wurden, wobei sich im Inneren ein starker Dampfdruck entwickelte. Eine Lösung von Eisenvitriol gibt, mit kohlensaurem Natron eingeschlossen, in solcher Weise künstlichen Eisenspath $FeSO_4 + Na_2CO_3 = FeCO_3 + Na_2SO_4$. Kupferkies $FeCuS_2$ lässt sich durch Einwirkung von Chlorkupfer und Chloreisen in einer Lösung von Schwefelkalium darstellen (Senarmont). Bei noch höheren Temperaturen und dem gleichzeitig entstehenden hohen Drucke wirkt das Wasser zersetzend auf das Glas und es bilden sich aus demselben Quarz, Wollastonit (Daubrée), aus den entsprechenden Stoffen Orthoklas, Albit (Friedel und Sarasin).

Die Literatur über dieses interessante Capitel bis zum J. 1871 gibt die Eingangs erwähnte Schrift von C. W. C. Fuchs: Die künstlich dargestellten Mineralien. Preisschrift. Harlem 1872; bis 1882 die Zusammenstellung von Fouqué und Lévy: Synthèse des minéraux et des roches, Paris 1882.

IV. Lagerungslehre (Topik der Minerale).

182. Das Auftreten der Minerale. Zur Kenntnis jedes Minerales gehört auch das Wissen von der Art seines Auftretens in der Natur, daher fragen wir, sobald uns die Eigenschaften und die Zusammensetzung des Minerales bekannt sind, auch nach der Oertlichkeit, in welcher, nach den Mengenverhältnissen, in welchen dasselbe vorkommt und nach der Verbindung, in welcher es mit anderen Mineralen steht.

Was daher zunächst in Betracht kommt, sind die räumlichen, die topischen Verhältnisse der Minerale, die Art und Menge, in welcher dieselben mit einander auftreten, die Formen, welche durch einzelne Minerale und Mineralgesellschaften im Grossen gebildet werden, und das Verhalten, welches diese Mineralmassen in der Erdrinde zeigen.

Die Mengenverhältnisse sind sehr verschieden. Während ein Mineral, wie der Kalkspath in der Form von Kalkstoin, viele Meilen weit allein herrscht, kommen andere Minerale, wie das Zinnerz, in mässigen Quantitäten vor und wieder andere finden sich nur in Spuren, wie der Arsenit, Greenockit.

Die Verbindung, in welcher die Minerale stehen, ist bisweilen eine zufällige, z. B. dann, wenn Geschiebe von Quarz und solche von Kalkstein in einem Conglomerate neben einander liegen; häufig ist aber das Zusammenvorkommen ein gesotzmässiges, z. B. in dem Falle, als auf dem fast unlöslichen Quarz der leichter lösliche Baryt aufsitzt oder wenn eine Masse von Olivin von dem aus Olivin entstandenon Serpentin umhüllt wird.

183. Verbreitung. Als Grade der Verbreitung kann man die allgemeine und starke Verbreitung, ferner die beschränkte und die spärliche Verbreitung angebon, für jeden Grad aber mancherlei Arten der Verbreitung unterscheiden.

Unter den allgemein verbreiteton Minoralen versteht man solche, welche in der Erdrinde, wenngleich nicht immer an der Oberfläche, so häufig sind, dass gar kein bedoutender Theil der Erdrinde davon frei ist. Hieher gehört vor allen der Quarz, die häufigsto Mineralgattung, welche sowohl auf primärer, als auf secundärer Stätte vorkommt, öfters allein herrscht, meistens in Gesellschaft anderer Minerale auftritt, oft dem freien Auge sichtbar, oft sich ganz verbergend. In zweiter Reihe sind die Minerale der Feldspathgruppe zu nennen, welche ähnlich wie der Quarz verbreitet sind und in den thonigen Ablagerungen sich gleichfalls verbergen. Beiden zunächst steht der Kalkspath, welcher zwar keine so extensive Verbreitung hat, jedoch für sich allein mächtige und ausgedehnte Gebirge bildet, also durch intensives Auftreten die vorigen übertrifft.

Eine sehr extensive Verbreitung haben manche Minerale, welche in feiner Vertheilung auftreten, wie dor Apatit, der selten in grosser Menge zu finden ist, dagegen aber in mikroskopischen Kryställchen und Partikelchen allenthalben im Gestein angetroffen wird. Ebenso goniessen die als Pigmente vorkommenden Eisenerze, welche die Gesteine roth färben (Rotheisenerz), braun oder gelb färben (Brauneisenerz) oder schwarz färben (Magneteisenorz), eine sehr grosse Verbreitung; auch Kohlo und Pyrit sind in solcher Vertheilung häufig. Zu den stark verbreiteten Minernlen gehören die Glimmer und Chlorite, die Augite und Hornblenden.

Die beschränkte Verbreitung rührt nicht blos von der grösseren Seltenheit der enthaltenen Stoffe her, sondern boruht öfters auf der Abhängigkeit eines Minerales von der Existenz eines anderen. So z. B. ist der meiste Zinkspath durch die frühere Gegenwnrt von Kalkspath bedingt. Ebenso erscheinen die Zeolithe abhängig von bestimmten Mineralen, daher die meisten derselben blos

Digitized by Google

in vulkanischem Gestein vorkommen. Oefters zeigt sich eine Abhängigkeit von bestimmten Lagerungsformen, wie bei den später zu besprechenden Gangmineralen. Das Vorkommen des leicht löslichen Natriumsalpeters in der regenlosen Zone von Peru erscheint sogar vom Klima abhängig. Endlich sind manche Minerale von der Erdoberfläche ausgeschlossen, weil sie daselbst vollständig verändert würden, wie z. B. die Sulfide.

Jene Minerale, welche nur spärlich verbreitet sind, kommen entweder nur an einem Punkte oder an wenigen Punkten der Erde vor, dort aber mitunter in erheblicher Menge, wie der Kryolith in Grönland, oder sie sind Seltenheiten in jeder Beziehung, weil sie auch an den wenigen Punkten blos in sehr geringer Menge vorkommen, z. B. der Euklas.

184. Paragenesis. Das Auftreten der Minerale nebeneinander lässt erkennen, ob dieselben gleichzeitig oder ungleichzeitig, ferner in welcher Folge sie entstanden sind, oft auch, dass eines aus dem anderen hervorgegangen sei. Das Zusammenvorkommen drückt also zugleich das Nebeneinander- oder Nacheinanderentstehen, zuweilen auch die Abstammung aus, daher die von Breithaupt eingeführte Bezeichnung Paragenesis glücklich gewählt erscheint.

Die gleichzeitige Bildung verschiedener Minerale lässt sich sowohl an schwebend, als an sitzend gebildeten Individuen entweder daran erkennen, dass jedes Mineral in den Individuen des anderen Einschlüsse bildet, oder daran, dass bald die Individuen der einen Art auf jenen der anderen lagern und Eindrücke von diesen zeigen, bald aber die Individuen der anderen Art Auflagerung und Eindrücke darbieten. So gibt es Drusen mit gleichzeitiger Paragenesis von Adular und Kalkspath oder Gesteine, in welchen schwebend gebildete Krystalle von Plagioklas und Augit in eben solcher Paragenesis vorkommen.

In den körnigen und schiefrigen Gemengen ist die Gleichzeitigkeit auch öfters deutlich ausgesprochen, wie z. B. in vielem Granit, in dem die Körner von Feldspath, Quarz und Glimmer so ausgebildet sind, dass kein Unterschied wahrzunehmen ist, indem Alles wie aus einem Gusse hervorgegangen erscheint.

Die nebeneinander gebildeten Minerale weisen öfters durch ihre chemische Beschaffenheit auf die gleichartige Entstehung hin, wie z. B. die Krystalle von Apatit, Fluorit, Lepidolith, Topas, Turmalin, welche auf Zinnerzgängen mit einander vorkommen und durchwegs fluorhaltige Minerale sind, oder die Verwachsungen von Blende und Bleiglanz, welche häufig vorkommen, oder endlich die Paragenesis von Eisenkies FeS_2 mit Antimonglanz Sb_2S_3, dunklem Rothgiltigerz Ag_3SbS_3 und Silberglanz Ag_2S auf Stufen von Kremnitz. Sämmtliche Glieder dieser Gesellschaft sind schwefelhaltig, und zwar sind sie Sulfide, darunter auch ein Sulfosalz.

185. Succession. Wenn Krystalle auf einer Unterlage eine Druse bilden, oder wenn eine Druse von anderen Krystallen bedeckt wird, welche von den früheren Eindrücke erhalten, oder wenn irgend welche Minerale von Krusten überzogen werden, so ist die Succession eine deutliche. Ebenso wenn in grossem Massstabe wiederholte Krusten auftreten oder ganze Schichten von Mineralen



oder Mineralgemengen über einander lagern. Selbstverständlich ist die auflagernde Kruste oder Schichte immer die jüngere Bildung.

Schwieriger ist die Bildungsfolge zu beurtheilen, wenn ein Mineral oder Gemenge von einer anderen Masse rings umschlossen wird, weil die einschliessende Masse bald von jüngerer, bald von älterer Bildung ist. Die schwebend gebildeten Krystalle von Eisenkies im Thon, die Krystallgruppen von Gyps im Thon und Mergel, ebenso die Concretionen (75) sind jüngere Bildungen, die umgebende Masse ist älter. Die Ausfüllungen früher vorhanden gewesener Hohlräume sind ebenfalls jünger, wie z. B. die in Melaphyren vorkommenden Achate. Die porphyrischen Gesteine, welche eine krystallinische Grundmasse besitzen, in der vollständig ausgebildete Krystalle von Quarz oder von Feldspath, Leucit, Augit enthalten sind, werden hingegen anders aufgefasst. Die eingeschlossenen Krystalle von Quarz, Feldspath etc. bildeten sich in der Masse, als dieselbe noch beweglich und nicht krystallinisch war. Hier sind aber die grösseren eingeschlossenen Krystalle älter, die kleinen, welche die Grundmasse zusammensetzen, aber jünger. Wenn ein starres Mineral oder Gemenge zufällig in eine bewegliche Masse, z. B. in eine Lava, geräth, so zeigt sich nach dem Festwerden ein fremder Einschluss. Auch hier ist der Einschluss älter, die Umgebung aber von jüngerer Bildung.

Die Succesion ist häufig durch die Löslichkeit und die chemischen Verhältnisse bedingt. In vielen Spalten und Hohlräumen sind die Wände mit Quarzdrusen bedeckt, worauf wiederum Krusten von Kalkspath liegen. Der Quarz, als das im Wasser viel schwerer lösliche Mineral, muss sich zuerst absetzen. In Salzablagerungen erscheint Gyps gewöhnlich als ältere, Steinsalz als jüngere Bildung, weil der Gyps die schwerer lösliche Substanz ist. Manche der hieher gehörigen Erscheinungen werden durch die Pseudomorphosen dargeboten. Ist eine Pseudomorphose unvollendet, so besteht sie zum Theile aus dem ursprünglichen Mineral, zum Theile aus der Neubildung. Hier ist also ein älteres und ein jüngeres Mineral durch die eingetretene chemische Veränderung verknüpft. Wenn eine solche Aufeinanderfolge durch viele Beobachtungen als gesetzmässig erkannt ist, so erkennt man schliesslich die Altersfolge auch ohne Pseudomorphosenbildung. Ist eine Pseudomorphose vollendet, so gibt dieselbe auch eine gesetzmässige Bildungsfolge an, obgleich das ursprüngliche Mineral am selben Orte nicht mehr vorhanden ist.

Lit. über Paragenesis und Succession in den eingangs angef. Schriften von Breithaupt, Cotta, Volger, Groddek.

186. Vorkommen. Je nach der Umgebung unterscheidet man verschiedene Arten des Vorkommens der Minerale, und zwar zuerst das Vorkommen im Gestein, auf einer Lagerstätte und in wässeriger Lösung. In Gesteinen und Lagerstätten wird ferner noch das Vorkommen in Mineralgängen, Hohlräumen und Trümern, sowie auch in Contactzonen unterschieden.

Die starren Minerale und Gemenge finden sich entweder auf der ursprünglichen primären Stätte, also an dem Orte, wo sie die gegenwärtige Form ange-

Digitized by Google

nommen haben, oder sie kommen auf secundärer Stätte vor, also an einem anderen Orte, als dem ihrer ursprünglichen Entstehung. Auf der ursprünglichen Stätte erscheinen die Minerale und Gemenge zumeist als krystallinische Bildungen.

Die Uebertragung auf eine neue Stätte kann erst erfolgen, wenn die ursprüngliche Masse zerkleinert, in eckige Trümmer, in Rollstücke, Sandkörner oder auch in einzelne Krystalle, schliesslich in Pulver aufgelöst worden ist. Zuweilen findet sich eine Mineralmasse oder ein Gemenge schon auf der ursprünglichen Stätte im Zustande der Zertheilung, z. B. zerklüfteter Kalkstein, Quarzit, Serpentin, oder auch erdig aussehend, wie der verwitterte Granit oder Basalt.

Auf der secundären Stätte, also nach dem Transporte erscheinen die Massen entweder lose, als Anhäufungen eckiger Bruchstücke, Gerölle, als Sand oder erdig als Thon, oder sie erscheinen wieder zu festen Massen verkittet, als Breccien (Verbindungen eckiger Bruchstücke), als Conglomerate (Vereinigungen von Geröllen nnd Geschieben), als Sandstein, Schiefer etc. Diese regenerirten festen Massen sind bisweilen von den ursprünglichen schwer zu unterscheiden, z. B. manche Quarzite. Sowohl die losen, als auch die regenerirten Ablagerungen werden als klastische Gebilde bezeichnet.

187. Gesteine und Lagerstätten. Wenn ein einziges Mineral oder ein Mineralgemenge in so grossen Massen auftritt, dass es Berge darstellt, auf grosse Strecken hin den Boden zusammensetzt oder doch einen bedeutenden Theil des Gebirges, des Bodens bildet, so wird es ein Gestein oder eine Felsart genannt. Beispiele sind der Kalkstein, welcher aus einem einzigen Mineral besteht, der Granit, der Basalt, welche mehrere Minerale enthalten. Die Gesteine wiederholen sich mit demselben Charakter, sie kehren an mehreren oder an vielen Punkten der Erdrinde wieder, sie haben also nicht ein locales, sondern ein allgemeines Auftreten.

Die Felsarten werden nach der Structur unterschieden als Schichtgesteine, welche ans einer Aufeinanderfolge von ausgedehnten Platten oder Blättern bestehen, und als Massengesteine, welche keine Plattung oder Blätterung darbieten und als feste ursprüngliche Bildungen erscheinen. Die Massengesteine sind durchwegs Silicatgesteine, die Schichtgesteine umfassen Felsarten von verschiedener Zusammensetzung.

Wenn ein Mineral, ein Mineralgemenge oder eine schichtenartige Folge von Mineralen blos in beschränkter Ausdehnung vorkommt, also nicht gebirgsbildend auftritt, so wird die Masse eine Lagerstätte genannt. Beispiele sind die Lagerstätten von Magneteisenerz, die Salzlager. Manche Lagerstätten sind ganz locale Bildungen, wie z. B. die Kryolithlagerstätte Grönlands, die augitreiche Erzlagerstätte von Campiglia maritima. Die Lagerstätten sind im Allgemeinen entweder geschichtet (Flötze) oder massig, oder sie haben eine andere eigenthümliche Structur.

Zwischen Gestein und Lagerstätte gibt es keinen scharfen Unterschied. Lagerstätten von grösserer Ausdehnung werden öfter zu den Felsarten gezählt,

wie z. B. die Spatheisensteinlager, der Turmalinfels etc. Jene Lagerstätten, welche Verbindungen schwerer Metalle in solcher Menge enthalten, dass eine technische Verwerthung platzgreifen kann, werden Erzlagerstätten genannt.

188. Gemengtheile. Von den Gesteinen werden diejenigen, welche der Hauptsache nach aus demselben Mineral oder demselben Mineralgemenge bestehen und auch dasselbe Gefüge, sowie denselben Erhaltungszustand zeigen, mit demselben Namen belegt. So nennt man alle Gesteine, welche wesentlich aus Kalkspath bestehen und körnig sind, körnigen Kalkstein, alle Gesteine welche wesentlich aus Quarz, Orthoklas und Glimmer bestehen und körnige Textur zeigen, Granit, Gesteine hingegen, welche dasselbe Mineralgemenge wie der Granit, jedoch plattige oder schiefrige Textur darbieten, Gneiss. Ein körniges Gemenge von Plagioklas und Augit im frischen Zustande wird Dolerit genannt, das gleiche Gemenge aber, in welchem der Plagioklas etwas verändert ist und auch eine Veränderung des Augits durch Bildung von Chlorit eingetreten ist, Diabas. Hier kommt also auch der Erhaltungszustand in Betracht, oder weil die eingetretene Veränderung einem höheren Alter des Gesteines entspricht, beruht der Unterschied auf einem Unterschiede im geologischen Alter.

Diejenigen Minerale, welche ein Gestein hauptsächlich zusammensetzen, welche also vorhanden sein müssen, damit der gewählte Name Geltung habe, werden als Hauptgemengtheile oder wesentliche Gemengtheile bezeichnet. Ausser diesen treten aber in den Gesteinen häufig auch noch Minerale in geringerer Menge auf, welche für die Bezeichnung des Gesteines nicht massgebend sind. Sie werden als Nebengemengtheile, als zufällige oder accessorische Gemengtheile angeführt. Im Granit finden sich z. B. öfter Granat, Andalusit, Turmalin als accessorische Gemengtheile. Bisweilen finden sich die accessorischen Minerale nicht blos in einzelnen Körnern oder Krystallen, sondern in grösseren Anhäufungen im Gestein. Dieselben werden accessorische Bestandmassen genannt, auch zuweilen als Ausscheidungen bezeichnet.

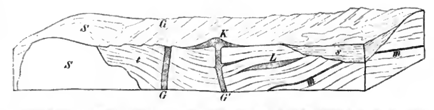
Ein Gemengtheil, welcher in einem Gestein wesentlich oder accessorisch auftritt, kann stellenweise, also an einzelnen Punkten der ganzen Gesteinsmasse, stärker hervortreten, endlich die anderen Gemengtheile zurückdrängen, so dass ein einziges Mineral herrscht und eine Lagerstätte bildet. So finden sich zuweilen in Granit und Gneiss Lagerstätten von Feldspath, im Diabas und Augitporphyr schwillt zuweilen der accessorische Gemengtheil Magnetit zu solcher Menge an, dass er eine Erzlagerstätte bildet. Solche Erscheinungen werden als Scheidung der Gemengtheile bezeichnet. Sowohl das Gefüge, als auch die Zusammensetzung der Gesteine unterliegen überhaupt manchen Schwankungen. Dementsprechend ist auch die Unterscheidung der Gesteine bisweilen keine scharfe, da sich Uebergänge zeigen, wie z. B. Uebergänge zwischen Gneiss, der aus Feldspath, Quarz und Glimmer besteht, und Glimmerschiefer, in welchem der Feldspath mangelt.

189. Lagerungsformen. Ein Gesteinscomplex, der nach seiner ganzen geographischen Verbreitung aus derselben Felsart besteht oder nahe verwandte Felsarten durch allmälige Uebergänge verbunden zeigt, hat nach aussen eine

bestimmte Begrenzung, erscheint als ein geschlossener Körper, als ein bestimmtes Glied der Erdrinde. Ein solcher Complex ist als eine durch denselben Bildungsvorgang oder durch mehrere ohne Unterbrechung folgende Vorgänge entstandene Einheit aufzufassen und kann als ein Individuum im grossen Massstabe bezeichnet werden.

Diese Gesteinsindividuen haben meistens eine unregelmässige Begrenzung. Wer eine Karte betrachtet, auf welcher die Ausdehnung der Gesteine an der Erdoberfläche angegeben ist, erhält den Eindruck, dass bei den meisten Gesteinen die horizontale Verbreitung keiner bestimmten Regel gehorcht, dass vollständig regellose, lappige Formen vorherrschen und viel seltener geschlossene elliptische oder kreisähnliche Contouren zu erkennen sind. Die Erstreckung nach der Tiefe hingegen, welche durch natürliche Furchen, durch künstliche Einschnitte und durch den Bergbau ermittelt wird, zeigt überall, wo eine Grenze angetroffen wird, ein bestimmtes einfaches Verhalten. Die Schichtgesteine haben Formen,

Fig. 339.



S Stock (Granit). *G* Gesteinsgang (Porphyr). *G'* Gesteinsgang (Basalt) in eine Kuppe *K* endigend. *t* Gneiss. *m* Lager (Magnetit). *L* Linse (körniger Kalk). *s* Sandstein.

welche ihrer Bildung durch Ablagerung entsprechen, also im Allgemeinen Gestalten, welche eine Platte von gleichförmiger oder ungleichförmiger Dicke darstellen. Eine solche Platte, die aus vielen Schichten bestehen kann, wird ein Lager genannt. Bei geringer Erstreckung nimmt sie die Form einer Linse an. Die Lager können ebenso wie die einzelnen Schichten entweder flach oder mannigfaltig gebogen und gekrümmt sein.

Die Massengesteine zeigen auch zuweilen Lager, oft aber bilden sie grössere Massen von unregelmässiger seitlicher Begrenzung und einer Fortsetzung in unbekannte Tiefen, daher sie wie grosse, aus der Tiefe hervorragende Blöcke erscheinen. Diese Lagerungsform wird als Stock bezeichnet. Manchmal treten die Massengesteine in der Form von Platten auf, welche häufig vertical stehend das Nebengestein durchschneiden, zuweilen auch zwischen die Schichten eindringen, stets den Zusammenhang des benachbarten Gesteines unterbrechen und ebenfalls in unbekannte Tiefen fortsetzen. Diese werden als Gänge, speciell als Gesteinsgänge bezeichnet. Die Gänge zeigen deutlich, dass das Gestein, aus welchem sie bestehen, in beweglichem Zustande aus der Tiefe hervorgedrungen ist und sich in die Zwischenräume früher vorhandener Gesteine ergossen hat. Gesteine, welche gangförmig auftreten, erweisen sich demnach als eruptive Bildungen. Derlei Gesteine bilden an der Erdoberfläche nicht selten kegelförmige

Digitized by Google

Massen, welche Kuppen genannt werden, oder flache Gebilde mit den Eigenschaften der Lavaströme. Die Figur 339 stellt einige dieser Formen in einem idealen Ausschnitte der Erdrinde dar.

Die Lagerstätten, welche mit dem Nebengestein von gleichartiger Bildung sind, haben dieselben Lagerungsformen wie dieses. In den Schichtgesteinen finden sie sich häufig lagerförmig oder linsenförmig, wie z. B. der Spatheisenstein zwischen den Schichten von Sandstein. In Massengesteinen treten auch unregelmässige Lagerstätten auf, wie vorhin bei der Scheidung der Gemengtheile bemerkt wurde.

Lit. in C. Naumann, Lehrbuch der Geognosie, H. Credner Elemente der Geologie.

190. Spalten und Absonderungen. Die starre Erdrinde ist allenthalben von Rissen und Sprüngen durchzogen, so dass der Zusammenhang der Gesteine bald in augenfälliger, bald in fast unmerklicher Weise aufgehoben erscheint. Die Trennungen sind im Ganzen und Grossen von zweierlei Art. Entweder treten dieselben in grösserem Massstabe auf und erweisen sich unabhängig von der Natur des Gesteines, diese sind Spalten, oder sie erscheinen als Risse in kleinerem Massstabe, die von der Natur des Gesteines abhängig sind und Absonderungen genannt werden. Die Spalten verlaufen oft an der Grenze zweier verschiedener Gesteine oder sie erstrecken sich parallel zur Schichtung, oft aber setzen sie quer durch das Gestein und treten ohne Unterbrechung aus einem Gestein ins benachbarte über. Häufig setzen sie in unbekannte Tiefen fort. Die Gesteinsmasse ist an den Wänden derselben häufig verschoben, in welchem Falle sie als Verwerfungsspalten oder Dislocationen bezeichnet werden. Die Trennungsfläche ist eben oder fast eben, die Spaltwände sind oft glatt und erscheinen als Rutschflächen. Die Spaltwände ruhen entweder unmittelbar an einander, oder sie sind von einander getrennt. Der Zwischenraum ist bisweilen durch ein Eruptivgestein erfüllt, welches hier einen Gesteinsgang bildet, oder die Füllung erfolgt durch zerquetschte und zerriebene Gesteinsmasse oder endlich durch ein Mineral oder Mineralgemenge, das nun einen Mineralgang darstellt und bei erheblicher Ausdehnung eine Lagerstätte bildet. Ist diese Ausfüllung eine unvollständige, so wird der übrige Raum von Wasser eingenommen, auch finden sich Spalten, die ganz von Wasser erfüllt sind, welches beim Oeffnen der Spalten continuirlich ausströmt. Viele Spalten sind demnach Quellenspalten. Im Kalkgebirge erweitern sich die Spalten öfters zu Höhlungen.

Die Absonderungen sind dem Gestein eigenthümlich, sie erstrecken sich nur auf geringere Entfernungen und setzen nicht in das Nebengestein fort. In den massigen und den sehr dickplattigen Schichtgesteinen verlaufen die Absonderungen ganz unregelmässig, so dass derlei Gesteine nach allen möglichen Richtungen von Sprüngen durchzogen sind, folglich an der Erdoberfläche in unförmliche Blöcke zerfallen. Viele Basalte, Trachyte, manche Sandsteine geben grosse Blöcke, viele Kalksteine liefern unzählige kleine Steine als Gebirgsschutt. Die Absonderungsklüfte erscheinen oft mit Mineralen erfüllt, für welches Vor-

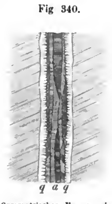
Digitized by Google

kommen die Ausdrücke Trümer und Adern üblich sind. Manche Trümer stehen mit Mineralgängen in Verbindnng. Fig. 341. Sie werden Gangtrümer genannt. In der Neigung zur Trümerbildung steht der dichte Kalkstein obenan. Oft ist jeder Block eines solchen Gesteins von einem Trümernetz durchzogen, welches aus krystallinischem Kalkspath besteht.

Die Absonderungen, welche nicht durch Mineralansiedelungen geschlossen sind, bieten dem Wasser Gelegenheit zur Communication mit den Quellenspalten einerseits, während sie andererseits die Feuchtigkeit bis ins dichte Gestein verbreiten.

Zwischen den Absonderungen und Spalton gibt es alle möglichen Uebergänge, daher diese Ausdrücke nur die Extreme andeuten, welche bei den Trennungen der Gesteinsmassen vorkommen.

Fig 340.



Symmetrischer Erzgang im Gneiss. Michelsberg in Böhmen. q Quarz, a Antimonit.

Fig. 341.



b Bleiglanz, p Pyrit, q Quarz, z Zinkblende. Der Gang steht mit Trümern in Verbindung, welche anfänglich mit diesen Mineralen gefüllt sind, weiterhin aber bei k Drusen von Quarz, Calcit, Braunspath enthalten.

Unsymmetrischer Erzgang im Thonporphyr bei Freiberg in Sachsen.

Lit. in Nanmann, Geognosie. Zirkel, Lehrb. d. Petrographie pag. 98. Ueber Nachahmung der Absonderungserscheinungen durch Druck etc. in Daubrée, Synthetische Studien zur Experimentalgeologie 1880.

191. Krusten und Füllungen. Die prachtvollen Drusen mit den blinkenden Krystallen, welche unsere Sammlungen zieren, stammen zumeist aus den Spalton, Hohlräumen und Absondernngsklüften der Gesteino. An vielen Orten sind die Trennungen der Gesteine wieder geschlossen und ganz mit Mineralen erfüllt, oft aber treten die Wände zurück und bilden erweiterte Räume. Beim Oeffnen derselben leuchten dem glücklichen Finder jene herrlichen regelmässigen Bildungen entgegen, welche die Natur in langen Zeiträumen geformt hat. Dor Bergmann verfolgt die Spuren dieser Ausfüllungen meistens nur dann, wenn sie nutzbare Minerale führen, und nennt solche Bildungen Erzgänge oder edle Gänge, sonst sind sie ihm taube Gänge, taube Mittel.

Die Minerale sind in den Mineralgängen und den Hohlräumen häufig so angeordnet, dass sie die Wände überziehen, also Krusten bilden. Dio Kruste

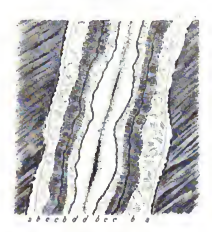
Digitized by Google

ist öfters geschichtet, was eine wiederholte Ueberzugsbildung beweist. Oft sind beide Wände einer Spalte mit gleichen Schichten der gleichen Mineralart bedeckt. Die Krustenbildung ist symmetrisch, wie in Figur 340, welche den Durchschnitt eines geschlossenen Mineralganges darstellt, auch wiederholte Krustenbildung ist öfters symmetrisch, wie in Fig. 342. Unsymmetrische Bildungen, wie in Fig. 341, sind aber auch recht häufig.

Die Schichte, welche an die Wand grenzt, ist die älteste, jede folgende Schichte aber enthält eine jüngere Generation, die jüngste wird oft von einer Druse gebildet.

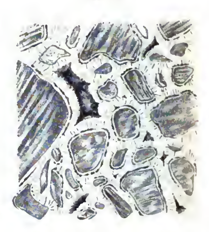
Zuweilen kommen in den Mineralgängen Bruchstücke des Nebengesteines vor, welche durch die Füllmasse verkittet werden (Gangbreccien). Wenn derlei

Fig. 342.



Symmetr. Mineralgang. *a* Quarz, *b* grüner Flussspath, *c* fleischrother Baryt, *d* weisser Kalkspath in gelbe Drusen ausgehend. Unter *a* und *c* etwas Blende, in *c* und unter *d* dünne Markasitschichten. Drei Prinzen Spath bei Freiberg nach Weissenbach.

Fig. 343.



Glimmerschiefer-Bruchstücke von Pyrit und stängligem Quarz umgeben. Hierauf folgt Manganspath, welcher in Drusen ausgeht. Peter stehend Gang bei Freiberg n. Weissenbach.

Bruchstücke oder aber Stücke des Mineralganges, welche sich beim Wiederaufreissen der Spalte gebildet, mit Krusten überzogen sind und in der Füllmasse eingeschlossen, gleichsam in derselben schwimmend erscheinen, so hat man jene Bildungen, welche von den Bergleuten Ringelerze oder Cocardenerze genannt werden, Fig. 343.

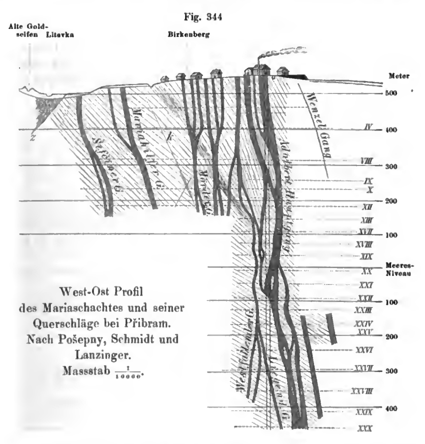
Wenn keine Schichtenbildung zu beobachten ist, erscheinen die Mineralgänge als einfache Füllungen, wie manche Gänge von Quarz oder Bleiglanz, welche krystallinische Platten im Gestein bilden.

In manchen Spalten, welche nicht geschlossen sind, ferner in sehr vielen Hohlräumen finden sich an den Wänden krustenförmige Ueberzüge, welche traubige oder nierförmige Oberfläche zeigen, ferner jene Zapfenformen, welche man als Tropfsteine oder Stalaktiten bezeichnet. Beispiele dafür liefern der Kalkspath, welcher in den Kalkhöhlen so häufig stalaktitische Formen darbietet,

der braune Glaskopf, der Psilomelan. Aber auch Pyrit, Markasit, Bleiglanz finden sich öfters als Stalaktiten.

Man findet die Mineralgänge, besonders die Erzgänge, häufig in der Nähe von Gesteinsgängen. Zuweilen begleitet ein Mineralgang das Eruptivgestein. Hierher gehörige Beispiele liefern die Erzgänge von Přibram im Böhmen, Fig. 344.

Fig. 344



West-Ost Profil
des Mariaschachtes und seiner
Querschläge bei Přibram.
Nach Pošepny, Schmidt und
Lanzinger.
Massstab $\frac{1}{10000}$.

In beistehender Figur ist das Verhalten der Gesteine in der Nähe des Mariaschachtes, soweit dasselbe gegenwärtig bekannt ist, in einem Durchschnitte genau angegeben. Der Bergbau hat hier eine Menge von Diabasgängen aufgeschlossen, welche den Thonschiefer und Sandstein durchsetzen und sich darin mannigfach verzweigen. Diese Diabasgänge sind von Erzgängen begleitet, welche bald an der Seite, bald in der Mitte des Gesteinsganges liegen. Die Erzgänge würden aber in der Zeichnung nur als unmerkliche Linien erscheinen, ähnlich wie der Wenzelgang, welcher jedoch ohne Begleitung eines Eruptivgesteines auftritt. Bei *k* wurde auch eine taube (erzleere) Kluft angefahren. Bei *z* wurde eine Dislocation beobachtet (Lettenkluft).

Der Marisschacht ist gegenwärtig über 1000 Meter tief. Die von demselben ausgehenden horizontalen Strecken sind als punktirte Horizonte angegeben und mit römischen Ziffern bezeichnet. Der Bergmann spricht hier vom XX. Lauf, XXI. Lauf u. s. w.

Digitized by Google

Manche Mineralgänge setzen aus einem Gestein ins andere fort, ohne ihre Zusammensetzung zu ändern, während andere vom Nebengestein abhängig sind, indem sie bei der Fortsetzung in ein zweites Gestein dieses oder jenes Mineral einbüssen. Hieher gehören z. B. die goldführenden Quarzgänge der Trachytgesteine, welche beim Austritt in das Nebengestein den Goldgehalt verlieren.

Die Paragenesis auf den Mineralgängen kann sehr verschieden sein, doch wiederholen sich manche Mineralgesellschaften auf mehreren Lagerstätten. Die häufigsten Minerale sind Quarz und Kalkspath, dazu kommt öfters Baryt, Dolomit, Eisenspath. Auf den Erzgängen treten mit diesen öfters Oxyde und Sauerstoffsalze, noch häufiger aber Sulfide und Sulfosalze der schweren Metalle auf. Eine constante Paragenesis derselben Minerale auf Erzgängen hat Breithaupt als Erzformation bezeichnet.

Einige Beispiele der Paragenesis sind folgende von Breithaupt beobachtete, in welchen durch die Aufeinanderfolge der Mineralnamen die Succession ausgedrückt ist:

Quarz, Zinnerz, Topas, Apatit, Fluorit. Ehrenfriedersdorf in Sachsen.
Quarz, Eisenglanz, Fluorit, Eisenspath. Altenberg in Sachsen.
Magnetit, Quarz, Mesitinspath, Dolomit Traversella in Piemont.
Quarz Albit, Eisenspath. Heinzenberg im Zillerthal, Tirol.
Quarz, Chabasit, Stilbit. Andreasberg am Harz.
Eisenkies, Bleiglanz, schwarze Blende, Braunspath. Rodna in Siebenbürgen.
Bleiglanz, Blende, Kupferkies, Eisenkies, Amethyst, Gold. Porkura in Siebenbürgen
Quarz, Eisenspath, Bleiglanz, Bournonit, Kupferkies. Neudorf am Harz.
Quarz, Eisenspath, Bleiglanz, Fahlerz, Blende, Kupferkies, Kalkspath. Grube Mariahilf bei Příbram.
Baryt, Bleiglanz, Ankerit, Eisenkies, Kalkspath, Eisenkies, Nadeleisenerz, Kalkspath Příbram.
Quarz, Himbeerspath, Quarz, Himbeerspath, Quarz, Himbeerspath, also drei Generationen Kapnik in Ungarn.
Quarz, Antimonit, Baryt. Felsőbánya in Ungarn.
Baryt, gelber Fluorit, blauer Fluorit, Baryt. Freiberg in Sachsen.
Fluorit, Baryt, Kupferkies, Ankerit. Freiberg.
Quarz, Blende, dunkles Rothgiltigerz, Markasit. Schemnitz in Ungarn.
Quarz, Bleiglanz, Fluorit, Polybasit, drahtförmiges Silber, Kalkspath. Grube Himmelfahrt bei Freiberg.
Quarz, Rothnickelkies, Chloanthit, Kupferkies, gelber Fluorit, Quarz. Freiberg.

192. Die Auskleidungen der Absonderungsklüfte sind auch bisweilen krustenartig, doch sind es meist einfache, keine wiederholten Krusten, oder die Wände sind mit einzelnen Krystallen besetzt. Gewöhnlich sind die schmalen Räume vollständig erfüllt, und die angesiedelten Minerale bilden Trümer im Gestein.

Die Minerale sind häufig solche, die auch im Nebengestein vorkommen, oder es sind verwandte Bildungen. Im Granit und Gneiss finden sich oft schöne Bergkrystalle und Adulare; wenn die Wände mehr zurücktreten, zeigen sich öfters reiche „Krystallkeller". Nicht selten beobachtet man die Erscheinung des Fortwachsens der Wände, indem Individuen, welche bei der Absonderung zerrissen wurden, durch die Anlagerung des gleichartigen Stoffes mit gleicher Orientirung zu neuen Krystallen auswachsen. So haben die Quarz- und Adularkrystalle der Drusen im Granit und Gneiss oft gleichsam ihre Wurzeln im

Digitized by Google

Gestein. Die Kalkspathkrystalle in den Kalksteinen hängen auch öfters mit der Grundlage zusammen. Der Bergbau verfolgt auch die in den Trümern angesiedelten nutzbaren Minerale und findet dieselben mit deren Begleitern bisweilen klumpenförmig, sackartig, fleckenförmig im Gestein vertheilt als „Butzen" und „Nester".

So wie die Absonderungen erscheinen auch oft die geschlossenen Hohlräume in manchen Gesteinen von Krusten ausgekleidet oder auch ganz mit Neubildungen angefüllt. Dazu gehören insbesondere die Mandelsteinbildungen in Melaphyren und Basalten. Hier sind scharf begrenzte Räume, die man gewöhnlich als Blasenräume bezeichnet, mit Achat, Quarz oder mit Zeolithen, mit Kalkspath u. s. w. theilweise oder ganz erfüllt.

Die Krusten und Füllungen der Spalten und Absonderungen finden sich sowohl in Massengesteinen als auch in Schichtgesteinen, jedoch bemerkt man dieselben am häufigsten in den ältesten Gesteinen. Die Menge jener Bildungen zeigt in den jüngeren Felsarten eine allmälige Abnahme bis zu den jüngsten Gesteinen, in welchen zuletzt nur Spuren dieser Erscheinung zu beobachten sind. Man schliesst hieraus auf eine fortdauernde allmälige Bildung dieser krystallinischen Absätze.

193. Imprägnationen. Nicht selten finden sich Minerale in solcher Form, dass sie die Poren und feinsten Zwischenräume in früher vorhandenem Gestein ausfüllen, oder Schwärme von Einsprenglingen darstellen und durch ihr Vorkommen auf eine Durchtränknng des Gesteines hinweisen.

Vor allem sind es die aus losen Massen hervorgegangenen Felsarten, wie die Thone, Mergel, Sande, die Conglomerate und Breccien, welche solche Bildungen enthalten. Das Bindemittel dieser Gesteine, wofern es krystallinisch ist, gehört zu den Imprägnationen. Es besteht aus neugebildeten Mineralen, welche aber den im Gestein herrschenden ähnlich sind. Die Imprägnationen sind entweder gleichförmig oder schichtenartig, oft aber unregelmässig verbreitet. Kalkspath, Quarz bilden die gewöhnlichen, Gyps, Pyrit, Baryt seltenere Imprägnationen. Dieselben Minerale, welche öfters als Imprägnation vorkommen, bilden auch Concretionen im Gestein (75). In den krystallinischen Schiefern und Thonschiefern treten bisweilen zonenförmige Imprägnationen auf, die aus Pyrit, Kupferkies, Blende und anderen Sulfiden bestehen und der Schichtung folgen. Man hat dieselben Fahlbänder genannt.

In Massengesteinen ist die Imprägnation gewöhnlich mit einer Zersetzung verknüpft. Trachyte, Andesite, welche durch Zersetzung erdig geworden, erscheinen stellenweise mit Opal durchtränkt. In vielen Gesteinen, welche zum Diabas, Melaphyr, Basalt gehören, ist der bei der Zersetzung entstandene Kalkspath als Imprägnation gleichförmig verbreitet.

Nicht selten gehen die Imprägnationen von Klüften aus, namentlich wenn solche mit neu angesiedelten Mineralen erfüllt sind. Ein Beispiel ist die Durchtränkung des Granites mit Quarz in der Nähe der Zinnerzgänge von Altenberg, Fig. 345.

Digitized by Google

194. Contactbildungen. An Stellen, wo Massengesteine, wie Syenit, Granit an Schichtgesteine grenzen, treten bisweilen Mineralbildungen auf, die, nach allen bisherigen Beobachtungen zu schliessen, durch den Contact der beiden Gesteine veranlasst sind. Dieselben sind theils Silicate, theils auch andere Verbindungen.

Im Kalkstein treten in solchen Fällen an der Grenze gegen das berührende Silicatgestein verschiedene Minerale, wie Granat, Vesuvian, Angit bisweilen in zonenförmiger Anordnung, gewöhnlich aber in unregelmässigem Gemenge auf und weiter entfernt vom Silicatgestein finden sich auch noch Neubildungen

Fig. 345.



Gangtrümer, welche Quarz, Apatit, Flussspath, Zinnerz etc. führen, im Granit. Dieser ist in der Nähe der Trümer zersetzt und mit Quarz imprägnirt. Geyer in Sachsen nach Weissenbach.

Fig. 346.



Contactbildung an der Grenze des Monzonits M und Kalksteines K von den Canzacoli bei Predazzo. W veränderter Monzonit, v Gemenge von Fassait, Granat, Vesuvian, p Phlogopit, m Monticellit mit Spinell. In den Zonen von W bis m ist auch überall Calcit enthalten (Schaustück des geolog. Univ.-Museums).

als Imprägnationen im Kalkstein. Dieser selbst ist im Contacte körnig und häufig eigenthümlich bläulich gefärbt. Ein Beispiel zonenförmiger Anordnung der Contactminerale bietet eine Stufe von den Canzacoli bei Predazzo, Fig. 346.

Sehr bekannt sind die schön krystallisirten Minerale der Contactbildungen des Monzoni in Südtirol, von Cziklowa im Banat, ferner jene von Arendal in Norwegen, vor allen aber die prächtigen Stufen aus den Kalkbomben der Somma am Vesuv, welche, wie anzunehmen ist, von einer tiefliegenden Contactzone abgelöst und durch die vulkanische Thätigkeit emporgebracht wurden.

In den Thonschiefern zeigen sich an den Contactstellen öfters Andalusit, Feldspath, Granat, Turmalin als Neubildungen, jedoch nicht in solchen Anhäufungen wie im Kalkstein.

An der Grenze des Kalksteines gegen Massengesteine treten öfters auch Mineralbildungen auf, unter welchen Eisen- und Manganerze eine wichtige Rolle spielen. Diese Lagerstätten werden später als Verdrängungserscheinungen von den eben erwähnten Contactbildungen unterschieden werden.

195. Massengesteine. Diese Felsarten sind sämmtlich Silicatgesteine und erscheinen körnig, dicht, ferner glasig oder porphyrisch. Ihre Mineralzusammensetzung folgt beiläufig jener paragenetischen Regel, nach welcher drei Glieder auftreten.

1. Glied: Quarz oder amorphe Kieselsäure, letztere in den glasigen Gesteinen.

2. Glied: Feldspathe oder den Feldspathen verwandte Silicate.

3. Glied: Minerale aus den Gruppen Pyroxen, Amphibol, Glimmer, Olivin, Magnetit.

Die Gesteine, welche alle drei Glieder enthalten, sind kieselreiche Felsarten, wie der Granit, der Quarzporphyr, der Quarztrachyt mit dem Obsidian, Perlit etc. In den zweigliederigen Gesteinen, welche das erste Glied nicht enthalten, entsteht oft ein verschiedener Gesteinscharakter durch die Unterschiede der herrschenden Feldspathe, wonach Orthoklas- und Plagioklasgesteine unterschieden werden. Orthoklasgesteine sind der Syenit, Orthoklasporphyr, Sanidintrachyt. Unter den Plagioklasgesteinen werden die hornblendeführenden, wie Diorit, Porphyrit, Amphibolandesit von den augitführenden, wie Diabas, Melaphyr, Basalt getrennt.

In den jüngeren Gesteinen, wie Trachyt, Andesit, Basalt, sind die enthaltenen Minerale gewöhnlich frischer und das Gestein enthält wenig oder gar keine Pseudomorphosen und Neubildungen. Diese jüngeren Gesteine sind Producte vulkanischer Thätigkeit. Sie kommen an Vulkanen auch in der Form von Laven vor.

Die Lagerstätten, welche in den Massengesteinen auftreten, sind entweder stockförmig oder sie bilden Krusten, Füllungen, Imprägnationen und Nester, niemals aber erscheinen sie als Lager.

196. Schichtgesteine. Die stark verbreiteten Gesteine dieser Abtheilung sind entweder Kieselgesteine oder Kalkgesteine. Zu den Kieselgesteinen gehören die krystallinischen Schiefer, die halbkrystallinischen Schiefer oder Phyllite, die Thonschiefer, Sandsteine und die entsprechenden losen Gebilde. Zu den Kalkgesteinen werden gezählt der körnige Kalkstein, der dichte Kalkstein und der Dolomit in beiden Ausbildungen.

Die krystallinischen Schiefer schliessen sich in ihrem Auftreten und ihrer Zusammensetzung an die älteren Massengesteine. Dreigliedrig ist nur der Gneiss, dagegen gibt es mehrere zweigliedrige, wie z. B. der Glimmerschiefer, und eingliedrige, z. B. der Amphibolschiefer, Olivinfels. Die Phyllite bilden ihrem Gefüge und ihrer Zusammensetzung nach den Uebergang zu den Thonschiefern.

Die Sandsteine und Thonschiefer sind meist von deutlich klastischer Beschaffenheit. Sie unterscheiden sich durch die feste Verbindung von dem Sand, Thon etc. als losen Sedimenten.

Zu den kieseligen Sedimenten gehören auch die Tuffe, welche aus dem bei der Eruption gebildeten Detritus vulkanischer Gesteine bestehen und in welchen häufig rundum ausgebildete Krystalle vorkommen.

Digitized by Google

Der körnige Kalkstein tritt meistens als Einlagerung zwischen krystallinischen Schiefern auf. Die jüngeren Kalksteine bieten alle Uebergänge bis zum dichten Kalkstein und dieser zum Kalksandstein und zu losen Gebilden. Aehnlich verhält sich der Dolomit.

Die Lagerstätten, welche in den Schichtgesteinen auftreten, bilden Lager, Linsen, Füllungen und Krusten, Imprägnationen und Nester. Lose Ablagerungen von Sand, Schutt und Geröllen, in welchen nutzbare Minerale vorkommen, werden Seifen genannt. Demnach spricht man von Gold- und Platinseifen, von Diamant- und Zinnerzseifen. Dem Kalkstein ist das Auftreten von Höhlungen und damit das Vorkommen von cavernösen und sackförmigen Lagerstätten, ferner das Auftreten von Contactlagerstätten eigenthümlich.

197. Das Wasser. Ausser der bekannten Verbreitung des Wassers und des Eises auf der Erdoberfläche spielt auch die Vertheilung des Wassers in der Erdrinde bei den Erscheinungen, die sich im Bereiche der Minerale vollziehen, eine wichtige Rolle.

Das im Boden verbreitete Wasser sammelt sich in den Höhlungen, Spalten und Klüften, sowie in den Lücken der losen Gebilde in sichtbarer Form an. Der Schwere folgend, brechen diese Wässer als Quellen zu Tage. Ausserdem aber ist das Wasser auch in kaum erkennbarer Form durch die Erdkruste verbreitet. Die saugende Kraft der capillaren Klüfte und der Druck auflastender Wassersäulen treiben die Flüssigkeit nicht nur in die feinsten Absonderungen, sondern auch in das compacte feste Gestein. Jeder Stein, auch wenn er einer trocken aussehenden Stelle des Bergwerkes entnommen wird, enthält Feuchtigkeit und verliert an Gewicht, sobald er der trockenen Luft ausgesetzt wird. Das Wasser ist demnach in der Erdrinde theils in der Gestalt eines deutlich sichtbaren Geflechtes, theils in der unsichtbaren Form von Gebirgsfeuchtigkeit verbreitet.

Alles Wasser, welches mit der Luft in Berührung war, enthält etwas von den Bestandtheilen der Luft aufgelöst. Bekanntlich enthält die Luft 79 Volumpercente Stickstoff- gegen 21 Volumpercente Sauerstoffgas. Ausser der wechselnden Menge von Wasserdampf ist aber immer etwas Kohlensäure (0·03 Perc.) beigemischt. Das Wasser vermag nun bis zu 1·88 Volumpercente Luft zu absorbiren. Weil aber der Stickstoff am schwächsten, die Kohlensäure am stärksten absorbirt wird, so hat die im Wasser enthaltene Luft eine andere Zusammensetzung als die atmosphärische, nämlich 64·5 Volumpercente Stickstoff, 33·7 Sauerstoff und 1·8 Kohlensäure. Somit enthält das Regenwasser immer etwas von diesen Stoffen, von denen der Sauerstoff und die Kohlensäure auf die Erdrinde einzuwirken vermögen. Der Sauerstoff wird die im Boden verbreiteten organischen Substanzen oxydiren und Kohlensäure bilden, wodurch der Kohlensäuregehalt der Wässer vermehrt und deren Lösungsfähigkeit gesteigert wird. Ausserdem werden stark verbreitete Minerale, wie Eisenkies, Magnetit, alle Eisenoxydul-Silicate durch den Sauerstoff oxydirt. In erheblichen Tiefen werden daher die Wässer keinen freien Sauerstoff mehr enthalten.

Digitized by Google

198. Während das in die Tiefe hinabsickernde Wasser blos Luft absorbirt, aber keine festen Stoffe anfgelöst enthält, bringen die als Quellen zur Oberfläche zurückkehrenden Wässer eine bunte Reihe von Stoffen in Auflösnng mit sich, welche während des unterirdischen Laufes aufgenommen wurden.

Diese Stoffe sind erstens Chloride, nnter welchen das Natriumchlorid, $Na\,Cl$, die Hauptrolle spielt, während andere, wie KCl, $MgCl_2$, $Ca\,Cl_2$, in geringerer Menge vorhanden sind; ferner Sulfate und zwar vorzugsweise Calciumsulfat $CaSO_4$, aber auch Na_2SO_4, K_2SO_4, $Mg\,SO_4$; drittens Carbonate, unter welchen das Natrium- und Calciumcarbonat vorwiegen, aber auch $Mg\,CO_3$, $Fe\,CO_3$, $Mn\,CO_3$ in geringen Mengen vertreten sind; viertens in geringer Menge freie Kieselsäure, ferner Verbindungen der Phosphorsänre, Thonerde, des Eisenoxydes und organische Substanzen, ausserdem Silicate der Alkalien, jedoch letztere nur in Wässern, welche keine freie Kohlensäure und keine Bicarbonate führen. Bei genauer Untersuchung wurden aber in vielen Quellen geringe oder sehr geringe Mengen von anderen Stoffen gefunden, wie z. B. von Br, J, F, B, Se, Li, Cs, Rb, Sr, Ba, Cu, Sn, Zn, As, Sb.

Die Menge der fixen Bestandtheile variirt ausserordentlich. Jene Quellwässer, welche eine nngewöhnliche Quantität davon enthalten, werden Mineralwässer genannt und bei vorwiegender Menge von $Na\,Cl$ als Soolqnellen, bei erheblicher Menge von $Mg\,SO_4$ als Bitterwässer u. s. w. unterschieden.

Manche Quellen bringen eine grosse Quantität von Kohlensäuregas mit, welches ursprünglich in dem Wasser absorbirt, bei Abnahme des Druckes an der Atmosphäre zum Entweichen kommt und dadnrch öfters ein Aufschäumen veranlasst. Solche Quellen werden Säuerlinge genannt. Andere enthalten Schwefelwasserstoff absorbirt, es sind die Schwefelquellen. Von grossem Interesse ist das häufige Vorkommen der Säuerlinge und Schwefelquellen in der Nähe von jnngeruptiven Gesteinen, wie Trachyt, Basalt, gleichwie das Auftreten von Gasexhalationen, und zwar wiederum von CO_2 nnd SH_2 in der Nähe von thätigen oder erloschenen Vulkanen.

Die Quellwässer sind auch in ihrer Temperatur verschieden. Wenn die Temperatur von jener des umgebenden Bodens nicht stark verschieden ist, so wird man auf einen ziemlich directen Lauf der Quelle schliessen, wenn hingegen die Temperatur bedeutend höher ist, so wird man dieselbe von der warmen Tiefe ableiten und sich vorstellen, dass die Bahn der Quelle U-förmig gekrümmt sei und das Wasser einerseits hinabsinkt und in der Tiefe erwärmt wird, andererseits nach dem Principe der communicirenden Rohre wieder aufwärts steigt und zu Tage tritt. Die warmen Quellen sind demnach aufsteigende Quellen. Der Gehalt an fixen Bestandtheilen hängt aber nicht von der Temperatur ab, wie folgende Beispiele zeigen:

	Temperatur:	fixe Bestandth.:	vorwiegend:
Hombnrg	10·6° C.	1·329 Perc.	$Na\,Cl$, $Ca\,CO_3$
Karlsbad, Sprudel	73·8 „	0·5517 „	Na_2SO_4, Na_2CO_3, $Na\,Cl$
Ems	46·6 „	0·283 „	Na_2CO_3, $Na\,Cl$
Teplitz, Böhmen	40 „	0·253 „	$CaSO_4$, $Mg\,SO_4$, $Ca\,CO_3$

Digitized by Google

	Temperatur:	fixe Bestandth:	vorwiegend:
Grosser Geysir . .	89 C.	0·121 Perc.	SiO_2, Na_2CO_3, Na Cl
Gastein	48 „	0·0349 „	Na_2SO_4, Na Cl, $CaCO_3$
Pfäfers	37·5 „	0·0299 „	Ca CO_3, Mg CO_3.

199. Die Flüsse vereinigen die Quellwässer ihres Gebietes, aber auch die Regenwässer, daher die Flusswässer während des Jahres grosse Schwankungen des Gehaltes an fixen Bestandtheilen zeigen. Aus der Zusammensetzung der Flusswässer ergibt sich, welche Stoffe hauptsächlich den Gesteinen entnommen und in das Meer geführt werden. Das Calciumcarbonat Ca CO_3 steht obenan. J. Roth entnahm aus den Analysen des Wassers mehrerer grosser Flüsse und Ströme, dass dieselben durchschnittlich in 5000 Theilen Wassers ungefähr 1 Gewichtstheil fixe Bestandtheile führen, d. i. ungefähr 0·02 Percent, also weniger als die Quelle von Pfäfers. Das Aufgelöste besteht vorzugsweise aus Carbonaten, welche 60 Percent des Ganzen ausmachen, dann aus Sulfaten mit 10, aus Chloriden mit 5 Percent, endlich aus 25 Percent anderer Stoffe, namentlich Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, organische Substanz.

Die Wässer der Seen mit Abfluss verhalten sich wie die Flusswässer. Die Seen ohne Abfluss hingegen sind sehr verschiedenartig, sowohl in der Concentration (dem Gehalte an fixen Bestandtheilen) als in der Art der chemischen Zusammensetzung.

200. Das Meerwasser enthält eine viel grössere Menge fixer Bestandtheile als das Flusswasser, nach Forchhammer im Mittel 3·43 Percent, worin das Natriumchlorid vorherrscht. Die Zusammensetzung des Gelösten ist im Durchschnitte:

Chlornatrium	78·32 Percent	Magnesiumsulfat . . .	6·40 Percent
Chlorkalium	1·69 „	Calciumsulfat	3·94 „
Chlormagnesium . . .	9·44 „	Carbonate u. a. Stoffe .	0·21 „

Der Unterschied gegenüber der Zusammensetzung der Flusswässer ergibt sich aus dem Vergleiche dieser und der zuvor genannten Zahlen.

	Im Flusswasser:	Im Meerwasser:
Carbonate	60·1	0·21
Sulfate	9·9	10·34
Chloride	5·2	89·45
Andere Stoffe . . .	24·8	—

Lit. in Bischof, Lehrb. der chem. u. phys. Geologie. Bd. I, pag. 203. Roth, Allgemeine und chemische Geologie. Bd. I, pag. 437.

Digitized by Google

V. Entwickelungslehre (Minerogenie).

201. Methoden. Wir kennen einen Naturkörper erst dann vollständig, wenn wir wissen, wie er geworden. Demnach ist auch die Bildungsgeschichte der Minerale der Schlussstein unserer Kenntnis von denselben. Die Bildungsweise macht das Mineral zu dem, was es vor Allem ist, zu einem Theile der Erdrinde. Lässt sich die Entstehung eines Minerales verfolgen, so erscheinen seine Substanz, seine Eigenschaften, seine Paragenese als nothwendige Folgen derselben Ursache.

Aber auch die Veränderungen, deren das Mineral fähig ist und welche dasselbe in der Natur erfährt, gehören zur Geschichte desselben. Die Producte der Veränderung zeigen an, in welche Theile das Mineral zerfallen kann, und geben gleichsam das innerste Gefüge an, welches demselben zukommt. Der Aufbau und der Zerfall, die Bildung und die Verwandlung zusammengenommen betrachtet, geben erst ein vollständiges Bild von dem Wesen der einzelnen Minerale und von dem Zusammenhange des ganzen Mineralreiches.

Der Forscher vermag auf diesem Gebiete in vielen Fällen experimentell vorzugehen. Wofern Bildung oder Veränderung in kürzeren Zeiträumen erfolgen und der Beobachter die Umstände und Bedingungen zu überblicken vermag, so kann er oft auch durch Versuche zeigen, dass die erkannten Bedingungen in der That hinreichen, um die wahrgenommene Substanz und die beobachtete Form hervorzubringen. So z. B. kann man durch Beobachtungen erfahren, dass die Bildung eines bestimmten Brauneisenerzes durch das Zusammentreffen von Kalkspath mit eisenhaltigen Tagewässern bedingt wird, überdies aber durch den Versuch zeigen, dass in einer eisenoxydhaltigen Auflösung durch hineingelegten Kalkspath ein brauner Körper von den Eigenschaften jenes Erzes gefällt wird. Manchmal wird beobachtet, dass Krystalle von Leucit, die im Gestein eingeschlossen waren, unter gewöhnlichen Umständen in eine erdige Masse von Analcim verwandelt wurden. Durch Versuche aber ist gezeigt worden, dass der Leucit bei der Behandlung mit Lösungen, die solche Natronsalze enthalten, welche in den gewöhnlichen Quellwässern vorkommen, in eine Substanz von der Zusammensetzung des Analcims überführt wird.

In anderen Fällen vermag sich der Forscher nicht auf Experimente zu berufen, sei es dass noch keine angestellt wurden, sei es dass Versuche keinen Erfolg hatten. So z. B. gibt es keine Versuche, welche die Bildung eines Minerals aus der Abtheilung der Epidote oder der Chlorite betreffen. Dann waltet die Beobachtung allein, und es sind vorzugsweise die Pseudomorphosen, die Abformungen und das Nebeneinandervorkommen, welche uns über die Entstehung und Veränderung der Minerale belehren. Die Beobachtung dieser Erscheinungen liefert gleichsam die Documente, durch deren Vergleichung und Zusammenstellung die Geschichte der Minerale construirt wird.

Oft gelingt es durch die Anwendung dieser historischen Methode, die in der Natur ablaufenden Vorgänge mit Sicherheit zu erkennen; da indess die

Controle durch den Versuch abgeht, so führt der Weg nicht immer zu einem befriedigenden Ergebnis und es erübrigt nichts, als sich mit einer grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit zu begnügen.

202. Werden und Vergehen. Obwohl die oberflächliche Betrachtung der Steinwelt den Eindruck des Ewigen und Unveränderlichen hervorruft, so genügen doch wenige Beobachtungen an Pseudomorphosen, um die Wandelbarkeit der Minerale zu erkennen. Alle die häufiger vorkommenden Minerale finden sich in mannigfacher Weise verändert, da nur wenige sich so wiederstandsfähig erweisen, wie der Quarz, andere sich leicht verwandeln, wie der Olivin, oder sich auflösen, wie der Kalkspath. Bei der mikroskopischen Untersuchung der verbreiteten Gesteine, sowohl der krystallinischen wie der klastischen, beobachtet man ungemein häufig unvollendete oder vollendete Pseudomorphosen und überall deutliche Zeichen der Veränderung, überall angegriffene und neugebildete Minerale. Es ist daraus zu entnehmen, dass die Erdrinde in einer beständigen inneren Verwandlung begriffen ist. Diese fortdauernde Veränderung ist ein Absterben alter, zugleich eine Bildung neuer Minerale, ein Verlassen alter, eine Annahme neuer Formen, auf der einen Seite ein beständiges Vergehen, auf der anderen ein beständiges Werden.

Trotzdem bleibt noch der Eindruck einer allgemeinen Zerstörung oder wenigstens Zerkleinerung, denn die neugebildeten Minerale sind meist von dichtem Gefüge, eine Ansammlung winzig kleiner Individuen. Auch in dem Transport und der beständigen Zertrümmerung der losen Gesteinsfragmente spricht sich dieselbe Tendenz aus. Dagegen scheinen die grossen Krystalle auf den Gesteinsspalten in Gneiss und Granit, also die Bergkrystalle, Adnlare oder die Bleiglanz- und Blendekrystalle auf den Gängen althergebrachte Wesen, sie scheinen Urminerale zu sein, die wohl verändert werden können, die aber keine Fortsetzung mehr finden, die für alle Zeit abgeschlossene Bildungen sind und die unter den jetzt entstehenden Mineralen nicht mehr ihresgleichen haben. Viele Beobachtungen führen aber zu der Anschauung, dass die Bedingungen der Bildung solcher Krystalle auch heute noch vorhanden sind, dass derlei grosse Bergkrystalle etc. auch jetzt noch fortwachsen, dass in Spalten und auf Gängen immer noch neue Bergkrystalle, Adulare, Bleiglanzkrystalle sich ansiedeln u. s. w.

Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass das beständige Werden auch solche Gebilde umfasst, welche wir als abgeschlossen und gleichsam ausgestorben zu betrachten gewohnt sind.

203. Zunahme der Mannigfaltigkeit. Wenn es auch einstweilen dahingestellt bleibt, ob die zuvorbezeichneten Bildungen heute noch fortdauern, so ist doch nicht zu zweifeln, dass die aus früheren Bildungsepochen der Erde herrührenden Minerale im Laufe der Zeit zum Theile verändert wurden und sich auch jetzt noch verändern, dass also neue Minerale entstanden und jetzt noch entstehen, welche von den früher vorhandenen bald durch die chemische Zu-

sammensetzung, bald durch die Form, durch die Textur verschieden sind. Es ist also sicher, dass durch die fortdauernden Umbildungen der Minerale die Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Erdrinde beständig zunimmt.

Dazu kommt noch, dass durch die Reste der Organismen den Schichten der Erde neue Verbindungen einverleibt werden, ferner dass durch den Transport der Gesteinsfragmente nach neuen Lagerstätten und durch die Vereinigung derselben zu sedimentären Gesteinen eine bunte Verflechtung der Minerale hervorgerufen wird und dass in Folge derselben oft Minerale zur Berührung kommen, welche auf der ursprünglichen Stätte niemals Nachbarn sind. Die gleichzeitige Veränderung der so verbundenen Minerale bringt Substanzen zur Vereinigung, welche früher geschieden waren, und liefert neue Producte, daher auch die sedimentären Gesteine dazu beitragen, die Mannigfaltigkeit der Mineralbildungen zu erhöhen.

Die fortdauernde Zunahme der Mannigfaltigkeit kann als Entwickelung des Mineralreiches bezeichnet werden.

204. Bildungsweise. Viele Minerale haben eine directe oder primäre Bildung, indem sie durch den Uebergang einer Substanz aus dem beweglichen in den starren Zustand entstehen, z. B. der Gyps durch Krystallisation aus einer wässerigen Lösung. Diese Art der Bildung ist im Principe sehr einfach, wird aber durch verschiedene Umstände modificirt, vor Allem durch die Gegenwart anderer Substanzen, welche auf die Ausbildung der Form, auf die Art und Menge der Einschlüsse Einfluss haben. Es sind viele Versuche bekannt, welche dies darthun, so z. B. die Erfahrungen am Bittersalz, welches aus reiner Lösung in holoëdrischer Ausbildung anschliesst, während eine Lösung, die ein wenig Borax enthält, auffallend hemiëdrische Formen liefert. Ein anderer Umstand ist die Concentration der Lösung und die damit zusammenhängende Geschwindigkeit der Bildung. Allmälig gebildete Krystalle erscheinen solid und ebenflächig, rasch gebildete hohl, skeletartig oder schliessen viel von der Mutterlauge ein u. s. w. **(57).** Wiederum ein wichtiger Umstand ist die Beweglichkeit der Lösung, welche oft durch Beimischung fester Theilchen beeinträchtigt wird. Eine zähflüssige Lösung, wie z. B. die Lavaschmelze, oder eine in plastischem Thon vertheilte Lösung liefert rundum ausgebildete Krystalle **(10).**

Manche Minerale bilden sich aus der Substanz früher vorhanden gewesener Minerale, sie haben eine indirecte oder secundäre Bildung, wie z. B. jener Orthoklas, welcher aus dem Leucit entsteht. Die secundäre Bildungsweise hat viele Modificationen, die Formen aber, welche durch dieselbe veranlasst werden, sind von zweierlei Art. Die neugebildeten Minerale erscheinen entweder als Pseudomorphosen, wobei das ursprüngliche Mineral ganz verschwunden sein kann, oder die Neubildung erscheint gleichsam parasitisch in oder auf dem ursprünglichen Mineral, welches zugleich die Spuren der Anätzung, Zerklüftung, Zersetzung an sich trägt. Ein Beispiel der parasitischen Form ist das Vorkommen von Malachit $Cu_2H_2CO_5$ in zerklüftetem Kupferkies $CuFeS_2$ oder die Auflagerung von Cerussit $PbCO_3$ auf angeätztem Bleiglanz PbS. Die secundäre

Digitized by Google

Bildung kann mehrere Stadien durchlaufen. So z. B. kann sich aus einem Eisenspath $FeCO_3$ zuerst ein Brauneisenerz von der Zusammensetzung $2\,Fe_2O_3\;3\,H_2O$ bilden, sodann aus diesem ein Rotheisenerz Fe_2O_3.

Eine und dieselbe Substanz kann auf verschiedene Weise entstehen, sie kann daher mehrere genetisch verschiedene Minerale liefern, doch wird jedes derselben durch Eigenthümlichkeiten der Form, der Textur, der Einschlüsse u. s. w. die Verschiedenheit der Bildungsweise mehr oder weniger deutlich erkennen lassen, wenngleich es öfters einer genauen Erfahrung bedürfen wird, für das einzelne Mineral die zugehörige Bildungsart mit Wahrscheinlichkeit oder Sicherheit anzugeben. Ein hierher gehöriges Beispiel gibt die Substanz Eisenoxyd Fe_2O_3. Diese Zusammensetzung kommt mehreren Mineralen zu. Eines davon *a)* ist der in rhomboëdrischen Krystallen auf Drusen mit Quarz, Adular etc. vorkommende Eisenglanz, der höchst wahrscheinlich direct aus einer Lösung abgesetzt ist; ein zweites *b)* der in verzerrten tafelförmigen Krystallen in Spalten der Lava vorkommende Eisenglanz, dessen Bildung durch vulkanische Emanationen veranlasst wurde; ein drittes *c)* der faserige Rotheisenstein (rother Glaskopf), welcher durch Wasserverlust aus dem braunen Glaskopf hervorgeht; ein viertes *d)* das dichte Rotheisenerz, welches in Formen von Pyrit FeS_2 auftritt und unzweifelhaft aus jenem Mineral gebildet wurde; ein fünftes *e)* das dichte Rotheisenerz, welches pseudomorph nach Eisenspath $FeCO_3$ vorkommt und von letzterem abstammt; ein sechstes *f)* das dichte Rotheisenerz, welches in den Formen von Kalkspathkrystallen, von Ammonitenschalen etc. vorkommt und ein durch das Calciumcarbonat veranlasster Niederschlag ist. Ausserdem gibt es noch mehrere hierher gehörige Minerale.

Die Bildungsgeschichte des einzelnen Minerales gehört zwar in den Kreis der Entwicklungsgeschichte des Mineralreiches, doch lässt sich bei der Bildung des einzelnen Minerales gewöhnlich kein Fortschritt vom Einfachen zum Zusammengesetzten und Mannigfaltigen erkennen. Das einzelne Mineral hat in diesem Sinne keine Entwickelung, doch wird diese Bezeichnnng öfters angewandt, besonders um die indirecte Bildnngsweise auszudrücken.

205. Erstarrungsproducte. Die Lava aller Vulkane besteht fast ganz aus Kieselverbindungen. Nach dem Erstarren erkennt man in den meisten Laven Feldspathe oder denselben verwandte Minerale, ferner magnesiahaltige Silicate, wie Augit, Olivin, untergeordnet auch andere Minerale.

Die aus den Spalten des Vesuv zähflüssig hervortretende Lava, welche wie ein glühender Honig aussieht, enthält unzählige darin schwimmende Leucitkrystalle, welche in der strömenden Lava weiterfliessen[1]). Untersucht man die vulkanische Asche, welche nichts anderes als die durch gewaltige Fumarolenwirkung zerstäubte Lava ist, so findet man darin kleine, schlackenartige Fetzen,

[1]) Davon konnte sich G vom Rath, welcher vordem die von C. W. C. Fuchs und anderen Forschern behauptete Präexistenz der grösseren Krystalle in der erumpirenden Lava bezweifelt hatte, 1871 überzeugen. Auch der Autor hatte im selben Jahre Gelegenheit, diese Beobachtung zu machen.

erstarrte Tropfen, aber auch viele lose Krystalle, an welchen oft Schlackentropfen hängen. Am Vesuv werden oft unzählige Leucitkrystalle, am Aetna viele verstreute Angit-, Olivin- und Labradoritkrystalle in der Asche gefunden. Diese Krystalle sind also als feste Körper emporgeblasen worden. Daraus folgt, dass die Lava schon beim Emportreten fertig gebildete Krystalle enthalte. In der erstarrten Lava erscheinen sie oft zerbrochen, die Bruchstücke sind nicht selten durch die fliessende Lava auseinandergeschoben.

Wird aber die erstarrte Lava weiter untersucht, so zeigt sich dieselbe an der Oberfläche des Stromes öfters glasig erstarrt. In der Glasmasse, welche die zuvor erwähnten Krystalle umschliesst, finden sich winzige feine Krystalle von Feldspathen oder von Leucit, von Augit etc. Nimmt man eine Probe aus den tieferen Lagen des Stromes, wo die Erstarrung langsamer vor sich ging, so findet sich in der Grundmasse weniger Glas, dagegen ist alles voll von den kleinen Krystallen, die aber hier meist länger und dicker sind, als jene in dem Glase an der Oberfläche des Lavastromes.

Hieraus wird man schliessen, dass nach der Eruption durch Erstarren der Lava Krystalle gebildet wurden, und zwar desto zahlreichere und grössere, je langsamer die Abkühlung vor sich ging. Interessant sind in dieser Beziehnng die Versuche von Fouqué und Lévy, welche zeigen, dass eine anfänglich amorphe Schmelze, welche die entsprechende chemische Zusammensetzung hat, durch langdauerndes Erhalten in einer dem Schmelzpunkte naheliegenden Temperatur in eine steinige Masse verwandelt wird, welche eine lava-ähnliche Textur zeigt und kleine Krystalle von Leucit, Angit, von Feldspath etc. enthält **(181)**.

Das Gestein, welches erstarrte Lava ist, besteht also häufig aus zweierlei Krystallen, den ursprünglichen grösseren und den später gebildeten kleineren Krystallen. Die grösseren sind vor der Eruption gebildet. Welche die Ursache ihrer Entstehung sei, ob Temperaturschwankungen oder Veränderungen der Lava durch Entweichen von Wasser etc., lässt sich nicht mit Sicherheit angeben.

Die grösseren Krystalle der Laven zeigen bei der mikroskopischen Betrachtnng häufig glasige Einschlüsse **(70)**, welche dem glasigen Bestandtheil der Grundmasse entsprechen, auch Flüssigkeitseinschlüsse werden öfter beobachtet als Zeichen der Mitwirkung des Wassers. Die glasigen Einschlüsse finden sich aber auch in den Krystallen anderer Gesteine, welche mit den Laven mineralogisch gleichartig sind, welche auch in ihrem Auftreten eine ähnliche Bildung verrathen und welche nicht selten gangförmige Fortsetzungen zur Tiefe wahrnehmen lassen. Hieher gehören die Basalte und Melaphyre, die Andesite und Porphyrite, die Trachyte und Porphyre sammt ihren Unterabtheilungen **(195)**. Alle diese Gesteine werden als eruptive Bildungen angesehen und die darin enthaltenen Krystalle und glasartigen Erstarrungsproducte in genetischer Beziehung den entsprechenden Theilen der Laven gleichgestellt. In den älteren Eruptivgesteinen ist jedoch die Grundmasse oft ganz porzellanartig, steinig, also krystallinisch. Dies wird durch eine Entglasung des früher vorhanden gewesenen amorphen Bestandtheiles erklärt **(76)**.

Lit. Fuchs, Jahrb. f. Min. 1869, pag. 169, ferner in Tschermak Mineralog. Mittheil. 1871, pag. 65; G. vom Rath, Zeitschr. der deut. geol. Ges. Bd. 23, pag. 727; Zirkel, die mikrosk. Besch. d. Mineralien und Gesteine.

206. In den alten körnigen Massengesteinen aus den Abtheilungen Granit, Syenit ist im Allgemeinen weder die zweifache Ausbildung der Individuen bemerklich, noch enthalten diese etwas von glasigen Einschlüssen. Dagegen sind namentlich in den Quarzen der Granite die Flüssigkeitseinschlüsse ungemein häufig und die Flüssigkeit verhält sich wie das Wasser. Zirkel schliesst daraus mit Wahrscheinlichkeit, dass das Magma, aus welchem diese Gesteine hervorgingen, sich nicht in einem lavaartigen Schmelzflusse befand, dass dagegen während seiner Festwerdung das Wasser eine wesentliche Rolle gespielt habe. Dass der Granit in der That eine andere Bildung habe, wie die vorgenannten eruptiven Gesteine, wird dadurch bestätigt, dass derselbe niemals in Verbindung mit schlackigen, glasigen oder schaumigen Gebilden gefunden wurde. Der Gneiss, welcher wegen seiner grossen Verbreitung die dominirende Stellung unter den krystallinischen Schiefern einnimmt, enthält nicht nur dieselben Bestandtheile wie der Granit, sondern die mikroskopische Beschaffenheit und die Art der Einschlüsse stimmen mit jenen des Granits überein. Man schliesst daraus, dass die Bildungsweise beider Gesteine wenig verschieden sei. Auch die übrigen krystallinischen Schiefer, welche oft mit dem Gneiss wechsellagern, können in ihrer Bildung nicht wesentlich unterschieden sein.

Die Beschaffenheit der Minerale in den alten Massengesteinen und den krystallinischen Schiefern verräth eine Mitwirkung des Wassers bei ihrer Bildung, während die allgemein angenommene Ansicht, nach welcher die Erde aus einem schmelzflüssigen Zustande herverging, in jenen Gesteinen die erste Erstarrungskruste der Erde sieht. Beide gegensätzlich scheinende Resultate werden aber gewöhnlich durch Berufung auf die Versuche von Sénarmont Daubrée u. A., nach welchen die Wirkung des Wassers bei hoher Temperatur und starkem Drucke eine Krystallisation von Silicaten herbeiführt (**181**), vereinigt.

Auch für jene Contactminerale, welche in Kalkstein, Phyllit etc. dort entstanden sind, wo die letzteren mit Eruptivgesteinen in Berührung kamen (**194**), wird die gleichzeitige Wirkung des Wassers und hoher Temperaturen als Agens betrachtet. Hiernach hat man sich nicht vorzustellen, dass ein Zusammenschmelzen des Eruptivgesteines mit dem Kalkstein etc. stattgefunden habe, da die Grenze zwischen diesen Gesteinen eine scharfe ist; wohl aber hat man eine Erweichung von längerer Dauer anzunehmen, so dass in dem nun beweglichen Medium durch Einwanderung von Stoffen aus dem Eruptivgestein jene oft sehr schönen und grossen Krystalle von Granat, Vesuvian, Fassait, oder von Andalusit, Turmalin etc. gebildet werden konnten.

Lit. in Zirkel, Lehrb. d. Petrographie, und mikrosk. Besch. d. Min. u. Gesteine.

207. Bildungen durch Dämpfe. Die Fumarolen der Vulkane enthalten ausser Wasserdampf auch Salzsäure, HCl, schwefelige Säure SO_2, Schwefelwasserstoff, H_2S, Kohlensäure, CO_2, zuweilen auch Wasserstoff und Kohlen-

wasserstoffe. Beim Zusammentreffen von schwefeliger Säure und Schwefelwasserstoff entsteht Schwefel, $SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O$. Fumarolen mit Schwefelabsatz werden Solfataren genannt. Als Sublimationsproducte finden sich an Vulkanen ausser Schwefel auch Steinsalz, $NaCl$, Salmiak, NH_4Cl, Eisenchlorid, Fe_2Cl_6. Durch die Wirkung der Salzsäure auf das Nebengestein werden auch andere Chloride, z. B. Chlorcalcium, $CaCl_2$, und am Vesuv in kleinen Mengen auch $PbCl_2$, $CuCl_2$, $CoCl_2$, $NiCl_2$ etc. gebildet. Durch Einwirkung der schwefeligen Säure und des Sauerstoffes auf die Gesteine entstehen Sulfate, z. B. Calciumsulfat $CaSO_4$, Natriumsulfat Na_2SO_4, Aluminiumsulfat etc. Bei den herrschenden hohen Temperaturen werden die Chloride häufig durch den Wasserdampf zerlegt und es bilden sich Oxyde, z. B. Eisenglanz, Fe_2O_3, welcher in glänzenden Flittern oder in tafelförmigen Krystallen auf der Lava oder in Spalten derselben gefunden wird. $Fe_2Cl_6 + 3H_2O = Fe_2O_3 + 6HCl$. Hier wird also die Salzsäure wiederum gebildet, regenerirt. Durch Einwirkung der vulkanischen Kohlensäure auf die gebildeten Oxyde bilden sich ferner Carbonate, wie Na_2CO_3, $CaCO_3$.

Auf der Oberfläche der Lava und der kleinen bei der Eruption gebildeten Lavafetzen und Lavastückchen (Rapilli) finden sich zuweilen neugebildete Silicate, wie Leucit, Augit, Hornblende, Tridymit, Quarz. Man nennt dieselben öfters Sublimationsproducte, obgleich sie vielleicht richtiger als Umbildungen und Regenerationen der in der Lava enthaltenen Minerale anzusehen sind. Bunsen hat die Zersetzungen und Umbildungen, welche durch vulkanische Gase veranlasst werden, als Pneumatolyse bezeichnet. Somit können die genannten Mineralbildungen als pneumatolytische bezeichnet werden.

Erdbrände, durch Selbstentzündung von schwefelkieshaltigen Kohlenlagern hervorgerufen, liefern öfters ähnliche Bildungen wie die Vulkane, z. B. Schwefel, Realgar AsS, Arsenit As_2O_3, Salmiak NH_4Cl.

Alle diese durch Dämpfe bewirkten Absätze sind zwar interessante Mineralbildungen, doch haben dieselben für die Bildung der Erdrinde keine allgemeine Bedeutung, weil sie nur an vereinzelten Punkten der Erdoberfläche vorkommen.

Lit. Bunsen. Pogg. Ann. Bd. 83, pag. 241. Ch. S. C. Déville. Bull. soc. géol. 1856, pag. 606. Roth, chem. Geologie I, pag. 412.

208. Lösung. Viele Minerale bilden sich aus wässerigen Auflösungen, und zwar nach der Regel, dass immer diejenige Verbindung abgesetzt wird, welche unter den gegebenen Umständen am schwersten löslich ist. Die so entstandenen Minerale widerstehen hierauf am kräftigsten den Angriffen des Wassers und wässeriger Lösungen. Daher stellt Bischof an die Spitze seines epochemachenden Werkes den Satz, dass in der Erdrinde stets diejenigen Stoffe mit einander vereinigt vorkommen, welche die am schwersten lösliche Verbindung geben.

Die Minerale zeigen verschiedene Abstufungen der Löslichkeit, doch zeigt auch eine und dieselbe Substanz verschiedene Grade, je nachdem sie amorph oder krystallinisch ist, und zwar löst sich die amorphe Modification im Allgemeinen leichter auf. Bei Versuchen ist es daher nicht immer gleichgiltig, ob

man die künstlich erhaltene Verbindung, die oft ganz oder zum Theil amorph ist, oder ob man das krystallisirte und gepulverte Mineral anwendet. Letzteres wird im Folgenden durch Anführung des Mineralnamens angezeigt.

Für viele natürliche Vorgänge ist die Löslichkeit in reinem Wasser massgehend, von welcher hier einige Beispiele. 100 Theile reinen Wassers lösen auf:

Chlorkalium . . .	KCl	32·88	Gewichtstheile	bei 15° C.		(Page)
Chlornatrium . .	$NaCl$	35·68	„	„	„	„ (Möller)
Chlormagnesium	$MgCl_2$	50·70	„	„	„	„ (Mulder)
Kaliumcarbonat	$K_2CO_3 . H_2O$.	24·40	„	„ 10	„	„
Natriumcarbonat	$Na_2CO_3 . H_2O$	8·30	„	„	„	„
Kaliumsulfat . .	K_2SO_4	10·30	„	„ 15	„	„
Natriumsulfat . .	Na_2SO_4	16·28	„	„ 18	„	(Diacon)
Gyps	$CaSO_4 . 2H_2O$	0·238	„	„ 21	„	(Church)
Strontiumsulfat	$SrSO_4$	0·0145	„	„ —	„	(Fresenius)
Baryumsulfat . .	$BaSO_4$	0·0002	„	„ —	„	„

Die Wässer vermögen demnach die zuerst genannten Salze, die sich oft im Boden finden, aufzulösen und fortzuführen. Auch der Gyps ist noch verhältnissmässig leichter löslich, daher in Gypslagern durch eindringende Wässer oft Höhlungen (Gypsschlotte) hervorgebracht werden.

Durch Erhöhung der Temperatur wird die Löslichkeit der meisten Substanzen erhöht, gleichzeitig wirkender starker Druck vergrössert ebenfalls die Löslichkeit. Hieher gehört der Versuch Wöhler's, gepulverten Apophyllit, welcher ein wasserhaltiges Silicat ist, bei 180°—190° und einem Drucke von 10—12 Atmosphären in Wasser aufzulösen. Beim Erkalten wurden wiederum Apophyllitkrystalle abgesetzt.

Die wasserfreien Silicate sind sehr schwer löslich, der Quarz am schwersten löslich, so dass bis jetzt keine Zahl erhalten wurde, welche seine Löslichkeit ausdrückt. Für absolut unlöslich ist aber keine chemische Verbindung zu halten, da bei jedem sorgfältig ausgeführten Versuche mit verschiedenen Mineralen mindestens Spuren aufgelöst wurden.

209. Wasser, welches Kohlensäure absorbirt enthält, wirkt auf die Minerale im Allgemeinen anders als reines Wasser. Der grösste Unterschied zeigt sich bei den Carbonaten. Kalkspath, Magnesit, Eisenspath etc. sind im reinen Wasser ausserordentlich schwer löslich, während sie von kohlensäurehaltigem Wasser in erheblichen Quantitäten und zwar, wie man annimmt, als Bicarbonate aufgenommen werden, also Calcit als $H_2O . CaO . 2CO_2$ u. s. w.

100 Theile kohlensäurehaltigen Wassers lösen von:

Kalkspath . . .	$CaCO_3$	10 bis 12	Gewichtstheile	(Cossa)
Dolomit	$CaMg2CO_3$	3·1	„	„
Magnesit	$MgCO_3$	1·2	„	„
Eisenspath . . .	$FeCO_3$	7·2	„	„

Hieraus erklärt sich die Bildung von Kalkhöhlen in Folge der Auflösung durch die im Kalkstein circulirenden Gewässer, welche immer freie Kohlen-

säure enthalten. Im Karstgebiete, wo viele Bäche versinken und ihren Lauf im Kalkgebirge fortsetzen, ist der Boden von Kalkhöhlen durchzogen. Wichtig ist die grössere Angreifbarkeit des Kalksteines gegenüber dem Dolomit, welcher oft zurückbleibt, wofern ein Gemenge von Kalkstein und Dolomit den Quellwässern ausgesetzt ist. Demnach entsteht bisweilen reiner Dolomit durch Auszehrung des dolomitischen Kalksteines. Kalksteine, welche Thon, Eisenoxyd oder andere unlösliche Beimengungen enthalten, hinterlassen dieselben bei der Auflösung als Ablagerungen auf der Oberfläche oder in den Höhlungen. Der gewöhnliche dichte Kalkstein ist im kohlensäurehältigen Wasser leichter löslich als der krystallinische, daher die im Kalkstein gewöhnlich enthaltenen Adern von Kalkspath durch Einwirkung solcher Wässer stark hervortreten und zuletzt zellige Gewebe darstellen (Zellenkalk).

Bei höherem Drucke löst das kohlensäurehaltige Wasser mehr von den Carbonaten auf, als bei gewöhnlichem Drucke, und in dieser Beziehung zeigt sich dasselbe Verhalten, wie bei dem reinen Wasser. Anders ist es mit dem Einflusse der Temperatur. In der Wärme löst das kohlensaure Wasser weniger Carbonate auf, als bei niedriger Temperatur. Dies zeigen die Versuche von Engel und Ville mit künstlich dargestelltem Magnesiumcarbonat. 100 Gramm kohlensäurehaltigen Wassers lösten bei:

Druck	Temp.	Gramme	Druck	Temp.	Gramme
1 Atmosphären	19·5°	2·579	751 mm	13·4°	2·845
3·2 „	19·7	3·730	762 „	29·3	2·195
5·6 „	19·2	4·620	764 „	62·0	1·035
7·5 „	19·5	5·120	765 „	82·0	0·490
9 „	18·7	5·659	765 „	100	0·000

Während also eine gewöhnliche wässerige Lösung, welche gesättigt ist, beim Abkühlen einen Absatz bildet, würde eine Lösung von Carbonaten in kohlensäurehaltigem Wasser unter denselben Umständen keinen Niederschlag liefern.

Die Verbindungen, deren Löslichkeit zuvor angegeben wurde, sind meistens solche, welche in den Quellwässern gefunden werden. Die Stoffe, aus welchen jene Verbindungen bestehen, müssen demnach in den Tiefen, aus welchen die Quellen kommen, in irgend einer Form verbreitet sein. Versuche, wie sie zuerst von Struve angestellt wurden, haben gezeigt, dass durch Behandlung des Pulvers verschiedener Gesteine mit kohlensäurehaltigem Wasser Lösungen erhalten werden, welche dieselbe Zusammensetzung wie manche Quellen zeigen. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass die löslichen Stoffe der Gesteine von der Gebirgsfeuchtigkeit aufgenommen und den Quellen zugeführt werden. Der Vorgang erscheint so, als ob einige Bestandtheile des Gesteines ausgeschieden und von der Seite her in die Quellenstränge geleitet würden, der Vorgang erscheint somit als eine Lateralsecretion der löslichen Stoffe.

Die Menge des Gelösten ist aber in manchen Quellen so gross, dass dadurch eine solche Beschaffenheit der Tiefe angedeutet ist, welche mit der Zusammensetzung der Erdoberfläche nicht übereinstimmt, ferner ist bisweilen in dem Gelösten eine Verbindung so überwiegend vertreten, dass man auf das Vorhanden-

Digitized by Google

sein einer grossen Menge des entsprechenden Minerales schliessen muss. Bei Soolquellen, wie z. B. bei denen von Stassfurt, haben in der That Bohrnngen die Herkunft der Quellen von Salzlagern bewiesen.

Die gasförmigen Stoffe der Quellen lassen sich hingegen in vielen Fällen durchaus nicht aus dem Gestein ableiten, sie müssen daher aus unbekannten Tiefen emporsteigen, also durch Ascension in die Quellenspalten gelangen. Es ist namentlich der Gehalt an Kohlensäure und an Schwefelwasserstoff, welcher den Quellen vulkanischer Gegenden zukommt und welcher auf die chemische Thätigkeit des Erdinneren hinweist.

Lit. Bischof, Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie, Bd. I; Roth, Allgem. Geologie, Bd. I; Engel u. Ville, Comptes rend., Bd. 93, pag. 340. Ueber Zellenkalk, Neminar in Tschermak's Mineralog. Mittheil. 1875. pag. 251.

210. Niederschlagsbildung. Da das reine und das kohlensaure Wasser die Stoffe bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Drucke nur bis zu einer bestimmten Menge in Auflösung erhalten kann, so wird bei Aenderung der Umstände öfters ein Absatz, ein Niederschlag erfolgen. Die Lösungen, welche die natürlichen Wässer darstellen, enthalten fast immer mehrere Stoffe neben einander. Daher wird von jeder einzelnen Substanz in der gesättigten Lösung immer weniger enthalten sein, als wenn die Substanz allein in Lösung wäre. Man kennt indess kein Gesetz, nach welchem die Löslichkeit der Stoffe einer complicirten Lösung aus der für die einzelnen Substanzen ermittelten Löslichkeit berechnet werden könnte.

Die complicirten gesättigten Lösungen geben sowohl bei Aenderungen der Temperatur und des Druckes Niederschläge, als auch beim Znsammentreffen mit starren Körpern, welche sie aufzulösen vermögen. Während etwas von dem starren Körper in Lösung geht, fällt gleichzeitig aus der Auflösung etwas von jener Substanz nieder, welche am schwersten löslich ist.

Die freie Kohlensäure und die Bicarbonate treffen in der Natnr oft mit Lösungen von kieselsauren Alkalien zusammen, daher ist ihr Verhalten zu den letzteren zu kennen wichtig. Lösungen von Kalium- oder Natriumsilicat werden durch freie Kohlensäure verändert, indem freie Kieselsäure als Kieselgallerte abgesetzt wird, während kohlensaures Kali oder Natron in Lösung bleibt. Durch Kalkbicarbonat ensteht in jenen Lösungen ein Niederschlag von Kieselsäure und von Kalkcarbonat, während wiederum kohlensaure Alkalien in Lösung bleiben. Durch die Bicarbonate von Eisen odor Magnesia entstehen in jenen Lösungon Niederschläge von Eisen- oder Magnesiasilicat.

Die Kieselgallerte ist in kohlensaurem Wasser nicht unlöslich, sondern blos schwer löslich, indem 100 Theile solchen Wassers 0·01 Gewichtstheile, auf SiO_2 berechnet, auflösen.

211. Mineralbildung in Seen. Unter jenen Absätzen, welche sich in Lösungen bilden, sind die Salzbildungen mancher Seen die grossartigsten. In stehenden Gewässern können sich nur dann solche Absätze bilden, wenn die

Wässer eine concentrirte Lösung sind, und wenn die Verdampfung stärker ist als der Zufluss. Im Meere, dessen Wasser zwar reich an Salzen ist, aber keine concentrirte Lösung darstellt, können keine derlei Absätze gebildet werden. Seen mit Abfluss gestatten ebensowenig eine solche Salzbildung, wohl aber kann dieselbe in Seen ohne Abfluss, namentlich in wärmeren Klimaten eintreten.

Hierher gehören die Salzseen im Gouvernement Astrachan, welche in der Zahl von über 2000 in der Steppe verstreut sind. Diese dem Caspisee benachbarte Steppe ist ein ehemaliger Meeresboden, welcher aus dem Meerwasser stammende Salze in feiner Vertheilung enthält. An der Küste des Caspisees entstehen durch Abschliessung von Meerestheilen noch immer neue Salzseen. Der bedeutendste der alten Salzseen ist der Eltonsee, von 250 Quadratkilometer Oberfläche. Das Wasser ist eine concentrirte Lauge, worin ausser Chlornatrium eine überwiegende Menge von Magnesiumchlorid, Magnesinmsulfat und Chlorkalium enthalten ist. Im Sommer setzt sich zuerst etwas Gyps, dann reichlich Steinsalz ab, im Winter auch Bittersalz, welches jedoch im folgenden Sommer wieder gelöst wird. Jedes Jahr bildet sich an den Rändern und am Boden des Sees eine Salzschichte, welche Gegenstand einer regelmässigen Salzgewinnung ist. Die jährliche Ausbeute beträgt gegen 2 Millionen Centner. In der Nähe des Sees erstreckt sich eine Salzablagerung mit vielen Zwischenschichten von Thon. Aehnliche Verhältnisse zeigen auch die anderen Seen des Gebietes. An der Westküste des Caspisees, in der Krym, am Aralsee finden sich derlei Seen gleichfalls häufig. Ein merkwürdiges Beispiel ist ferner das todte Meer, das eine Salzlauge darstellt, welche nebst Chlornatrium eine überwiegende Menge von Magnesium- und Calciumchlorid, ferner Chlorkalium und Gyps enthält. In dem abgesetzten Schlamm erscheinen Krystalle von Steinsalz und Gyps. In Persien, wo der Urmiahsee der grösste Salzsee, ferner in Tibet und im nördlichen Afrika sind Salzseen gleichfalls nicht selten. In Amerika sind der grosse Salzsee in Utah mit seinen kleineren Nachbarn entsprechende Beispiele. An den Rändern derselben bilden sich beständig Krusten von Steinsalz.

Die Beobachtungen an den hier genannten und an vielen anderen Orten setzen uns in den Stand, die Bildung jener Salzlager, welche den sedimentären Gesteinen eingelagert sind und früheren Epochen angehören, mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erklären.

Die Natronseen zeigen häufig Absätze, in welchen Natriumcarbonat (Soda) nnd Natriumsulfat (Glaubersalz) vorherrschen. Beispiele sind der Vansee in Westarmenien, mehrere Seen in Mexico nnd Nevada. Im ungarischen Tieflande bilden sich an manchen Orten Ausblühungen von Soda, gemengt mit Chlornatrinm, Gyps, Glaubersalz. In der Gegend des Suezcanales finden sich Bitterseen, welche ansser Kochsalz viel Bittersalz enthalten.

Die Boraxseen im westlichen Tibet und in Californien nördlich von St. Francisco, welche mit warmen Quellen in Verbindung stehen, setzen am Boden Krusten von Borax oder im Schlamme grosse einzelne schwebend gebildete Boraxkrystalle ab.

Lit. G. Bischof, ph. u. chem. Geologie. F. Bischof, die Steinsalzwerke von Stassfurt. 2. Aufl. 1875. Ochsenius, die Bildung der Steinsalzlager etc. Halle 1877.

212. Absätze der Quellen. Um den Ursprungsort der Quellen bilden sich öfters Absätze verschiedener Art. Die Ursachen der Erscheinung sind die Verdunstung des Wassers, der Verlust der absorbirten Kohlensäure, die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs, bei warmen Quellen auch zuweilen die Abkühlung.

Die heissen Quellen auf Island, den Azoren, auf Neuseeland, in den Rocky Mountains und andere, welche reich an aufgelöster Kieselsäure sind, liefern in Folge der Verdnnstung einen Sinter von welliger Oberfläche, deutlicher Schichtung nnd von der Zusammensetznng des Opals. Zuweilen bilden sich Ueberzüge und in den Höhlungen des Kieselsinters auch Tropfsteine. Selten bemerkt man an diesen kleine Quarzkrystalle, wie z. B. im Sinter von Furnas, Azoren

Ungemein zahlreich sind die Absätze von Kalkcarbonat im Bereiche warmer und kalter Quellen. Die heissen Quellen von Karlsbad, Nauheim, Wiesbaden u. a. m. erzeugen beständig Aragonit in mannigfachen Formen. In Karlsbad hat sich vor Zeiten eine ausgedehnte Ablagerung mit Höhlnngen gebildet, die Sprudelschale, welche aus faserigem, im Bruche gebändert aussehendem Aragonit (Sprudelstein) besteht. Die Farbe rührt von Eisenoxyd her. Stellenweise findet sich Erbsenstein, durch vielfache Ueberzüge von Sandkörnern oder Gasbläschen im bewegten Wasser und durch schliessliche Verkittung der zu schwer gewordenen Kügelchen entstanden. Sehr viele kalte Quellen setzen Calcit als Kalksinter ab, anch bilden sich nicht selten Calcit-Erbsensteine oder Pisolithe. Durch Sickerwässer, welche in Höhlungen eindringen, wird häufig die Bildung von Tropfsteinen veranlasst. An diesen kann man die Sinterbildung genau verfolgen. Das herabtropfende Wasser ist eine Lösung von Kalkcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser. Durch Entweichen der Kohlensänre, welche die Bedingung des Gelöstseins war, in die Luft nimmt das Calciumcarbonat wiederum die starre Form an. Jeder Tropfen setzt eine kleine Menge von Calcit ab, unzählige Tropfen hinterlassen einen hängenden Zapfen (Stalaktiten) oder bauen am Boden eine ragende Spitze (Stalagmiten). Beide vereinigen sich zuweilen zur Säule. Ausserdem erzeugen die Sinterbildungen häufig Uebe.züge auf dem Gestein, oder sie erscheinen als Bindemittel von Bruchstücken desselben.

Von den Carbonaten, welche zuweilen als Absatzbildungen erscheinen, sind Zinkblüthe nnd Zinkspath zu nennen, welche in Zinkerzgruben entstehen, ferner Weissbleierz, welches in Bleierzgruben in ähnlicher Weise wie der Kalksinter gebildet wurde.

Die eisenhaltigen Quellen bringen das Eisen meist in der Form von Eisenoxydulcarbonat $FeO . CO_2$, welches in kohlensaurem Wasser gelöst ist, an die Erdoberfläche. Beim Austreten an die Luft würden solche Quellen die genannte Verbindung als Siderit $FeO . CO_2$ absetzen können. Der atmosphärische Sauerstoff zerlegt jedoch die Verbindung, welche in Limonit $2 Fe_2O_3 3 H_2O$ verwandelt

wird, während CO_2 entweicht. Daher bilden solche Quellen Absätze von Eisenocker, welcher ein lockerer Limonit ist. Darin findet sich öfters auch Manganoxyd, durch Zerlegung von Mangancarbonat gebildet, ferner zuweilen Eisenphosphat, Eisenarseniat etc.

Von Sulfaten erscheint häufig Gyps als Absatz von Quellwässern, zuweilen auch Baryt. Dieser z. B. in den Quellenspalten der Thermen zu Karlsbad in Böhmen. Sulfide finden sich in Quellenmündungen als Sinterbildungen, so z. B. häufig Eisenkies, seltener Blende, als Absatz von Grubenwässern Bleiglanz. Im Kieselsinter mehrerer heisser Quellen wurde Zinnober gefunden.

Schwefel bildet sich als Absatz von Schwefelquellen, die Schwefelwasserstoff enthalten, sehr häufig. Die Ausscheidung des Schwefels erfolgt an der Luft durch Einwirkung des Sauerstoffs $2H_2S + O_2 = 2S + 2H_2O$. Beispiele sind die Absätze der Quellen von Deutsch-Altenburg und Baden bei Wien, Ofen, Weilbach, Aachen.

Sehr viele Quellen setzen eine Mischung ab, in welcher die einzelnen Minerale nicht erkennbar sind. Die chemischen Analysen dieser Bildungen lassen schliessen, dass ausser den zuvor genannten Mineralen auch viele andere abgesetzt werden. Nebst den aufgezählten Stoffen wurden auch häufig Aluminium, Silicium, Titan, Bor, Fluor, ferner Strontium, Baryum und Metalle, wie Blei, Kupfer, Nickel, Arsen, Antimon u. a. darin gefunden. Dass die entsprechenden Minerale sich nicht in deutlicher Form und Sonderung ausbilden können, davon ist die verhältnismässig rasche Entstehung des Niederschlages beim Austreten der Quellen Ursache.

Lit. in Bischof, Lehrb. der physischen Geologie, Bd. I, pag. 527. Roth, Allgem. u. chem. Geologie, Bd. I, pag. 532.

213. Bildungen der Tiefe. Jene drusigen Auskleidungen, Krusten und Füllungen, welche früher als Mineralgänge bezeichnet wurden (**191**), sind als die Absätze aufsteigender Quellwässer anzusehen. Die Gründe, welche dafür sprechen, sind hauptsächlich folgende:

Die Gangspalten haben den Charakter von Quellenspalten. Es kommt beim Bergbaue häufig vor, das jene Spalten mit Wasser gefüllt angetroffen werden. Das Aussehen der Krusten und Füllungen, sowohl der einfachen als der geschichteten, ist genau dasjenige, welches die Krystallisationen zeigen, die auf künstlichem Wege aus wässerigen Lösungen dargestellt werden. Die Stoffe, welche in den Mineralen der Gangspalten vorkommen, sind fast sämmtlich in den Wässern aufsteigender Quellen nachgewiesen worden. Von den Verbindungen, welche diese Stoffe liefern können, sind auf den Mineralgängen jene in grösster Menge vertreten, welche im Wasser am schwersten löslich sind. Unter den Gangmineralen sind Pseudomorphosen sehr häufig, und zwar solche, deren Bildung nur durch die Einwirkung von wässerigen Lösungen erklärt werden kann. In den unveränderten Mineralen finden sich häufig Einschlüsse, welche wässerige Lösungen enthalten. Die Minerale der Gangspalten stimmen mit denjenigen, welche in den Quellenmündungen gefunden wurden, in allen Stücken

Digitized by Google

überein. So z. B. gleicht der Baryt aus den Abzweigungen der Karlsbader Quelle in den Flächen-Combinationen und im Habitus vollständig dem Baryt der Erzgänge von Felsőbánya. Auch die Beobachtungen Daubrée's sprechen dafür, welcher die in Mündnngen warmer Quellen (Bourbonne, Plombières etc.) abgesetzten Verbindungen prüfte und die grösste Aehnlichkeit mit Gangmineralen constatirte, obgleich die enthaltenen Stoffe znm Theile aus der Mauerung, aus den Metallröhren und von alten Münzen herstammten.

Deutliche Absätze, besonders aber Krystalle, können sich begreiflicherweise nur dort bilden, wo das emporsteigende Wasser blos eine sehr geringe Geschwindigkeit hat. Bei grosser Geschwindigkeit würde jeder Niederschlag fortgespült. Man kann daher sagen, dass reiche Quellen, welche an der Oberfläche der Erde Absätze bilden, in der Tiefe wenig absetzen, und dass nur spärlich fliessende oder an der Oberfläche nicht bemerkbare Wässer die Bildner der Mineralgänge sein können.

Die Frage, woher die letzteren jene Stoffe beziehen, welche sich in den Gangspalten absetzen, wurde von manchen Forschern dahin beantwortet, dass alle diese Stoffe aus dem Nebengestein herstammen, also durch Lateralsecretion in die Spalten gelangen, während andere Forscher die Ansicht vertheidigten, dass jene Stoffe mit den aufsteigenden Quellen aus nnbekannter Tiefe kommen, also dnrch Ascension an ihren Platz gelangen. Es ist am wahrscheinlichsten, dass beide Vorgänge zusammenwirken, wie dies schon bei der Bildung der Quellwässer (**197**) bemerkt wurde.

Durch umfangreiche Untersnchungen erkannte F. Sandberger, dass in den Silicaten, welche im Gestein, besonders aber in den eruptiven Felsarten vorkommen, ausser den gewöhnlichen nnd wesentlichen Stoffen, wie Si, Al, Ca, Na, auch andere, wie Ba, Pb, Cu, As etc., kurz jene Stoffe, die auf den Mineralgängen eine Rolle spielen, in sehr kleinen Quantitäten enthalten seien. Demgemäss darf angenommen werden, dass die Gebirgsfeuchtigkeit aus dem Gestein Verbindungen aller darin vorkommenden Stoffe, darunter anch lösliche Silicate auszieht und bei dem langen Verweilen concentrirte Lösungen bildet. Diese werden in die Wässer der Spalten diffundiren, welche zwar nur verdünnte Lösungen enthalten, jedoch aus der Tiefe Kohlensäure nnd Bicarbonate, öfters auch Schwefelwasserstoff und Sulfate emporbringen. Durch Wechselwirkung der löslichen Silicate mit der freien Kohlensäure entstehen Quarz nnd Carbonate (**210**), durch Einwirkung des Schwefelwasserstoffs und der löslichen Sulfide auf die Metallverbindungen bilden sich unlösliche Sulfide der schweren Metalle, die Snlfate verursachen einen Absatz von Baryt u. s. w.

Anf solche Weise würde sich nicht nur die Form und Zusammensetzung der Mineralgänge, sondern auch das häufige Vorkommen derselben in der Nähe von Eruptivgesteinen und in denselben erklären, da letztere sehr oft von Quellen begleitet sind, welche Kohlensänre und Schwefelwasserstoff enthalten (**198**).

Da in den Quellensträngen, welche die Gangminerale absetzen, eine langsame Bewegung nach aufwärts angenommen wird, so ist es klar, dass die aus dem Gestein entnommenen Stoffe häufig erst in einem höheren Niveau zum

Absatze gelangen. Die Gangminerale stammen daher keineswegs immer aus dem angrenzenden Nebengestein, sondern häufig aus grosser Tiefe. Dies bezieht sich namentlich auf die Erzgänge. In der That kommen bisweilen so viele Erzgänge neben einander vor, dass deren Reichthum nicht aus dem unmittelbaren Nebengestein abgeleitet werden kann. S. Fig. 344 auf pag. 271.

Da Gangspalten oft mit Absonderungsklüften communiciren, ferner öfters auf durchlässige Sedimente treffen werden, so kann die Bildung von Gangmineralen auch dorthin verpflanzt werden; folglich dürfen solche Trümer und Imprägnationen, welche die gleichen Minerale enthalten, die auf Gängen vorkommen, von derlei Communicationen abgeleitet werden.

Um die Bildung der Mineralgänge zu erklären, wurde früher von manchen Forschern die Sublimation zuhilfe genommen. Für die Ganghildungen, welche Carbonate, Baryt, Flussspath enthalten und die Mehrzahl der Mineralgänge ausmachen, ist aber diese Idee schon deshalb nicht annehmbar, weil wir keine flüchtige Verbindung des Calcium und Baryum kennen und auch niemals Kalkspath, Baryt etc. unter den Sublimationsproducten gefunden wurden. Für die übrigen und die Mineralgänge überhaupt ist diese Vorstellung unzulässig, weil grosse offene Gangspalten ohne Wasser bei der allgemeinen Verbreitung des Wassers und dem mächtigen Wasserdrucke in der Tiefe nicht angenommen werden können.

Lit. Bischof, Jahrbuch f. Min. 1848, pag. 257, und Lehrbuch d. phys. und chem. Geologie, Bd. II. v. Groddeck, Lehre von den Lagerstätten der Erze, pag. 331. F. Sandberger, Untersuchungen über Erzgänge, Heft I (1881). Daubrée, Synthet. Studien z. Experimentalgeologie. Stelzner, Jahrh. f. Min. 1881, Bd. II, pag. 208.

214. Producte der Bodenwässer. Die in den Gesteinen allgemein verbreiteten secundären Bildungen, welche ausserhalb der in die Tiefe reichenden Spalten vorkommen, sind nach der allgemein herrschenden Ueberzeugung durch die Wirkung der wässerigen Lösungen entstanden, welche sich in den oberen Regionen der Erdrinde gebildet haben und nicht aus grossen Tiefen emporgestiegen sind.

Hierher gehören die neugebildeten Krystalle und Krystallgruppen im Thon, Mergel, Sand, die Bindemittel der Conglomerate und Sandsteine, ferner alle jene Imprägnationen, Trümerbildungen, Füllungen und Auskleidungen, welche nicht als Fortsetzungen von Mineralgängen erscheinen.

Der genetische Unterschied, welcher zwischen Mineralgängen und den übrigen Neubildungen gemacht wird, zeigt sich bisweilen deutlich dort, wo Erzgänge blos durch schmale Klüfte mit Trümern in Verbindung stehen. In solchen Fällen reichen die Mineralbildungen des Erzganges häufig blos in den Anfang der seitlichen Klüfte, während weiterhin jene Minerale angesiedelt sind, welche ihrer Zusammensetzung nach aus dem Nebengestein abgeleitet werden können. Ein Beispiel gibt die Fig. 341 auf pag. 269 wieder.

Digitized by Google

Die hier in Betracht kommenden Absätze sind demnach Producte der Lateralsecretion (209). Die Minerale, welche dieselben bilden, stehen in einem einfachen stofflichen Zusammenhange mit jenen des Nebengesteins, oder sie stimmen in der Zusammensetzung mit denselben überein. Dies zeigt sich an den Kalkspatbtrümern des dichten Kalksteines, an den Trümern von Kalkspath und von Quarz in den Sandsteinen und Thonschiefern, an den Quarztrümern der krystallinischen Schiefer, an den Auskleidungen und Füllungen der sogenannten Mandelsteine durch Quarz, Kalkspath und Zeolithe. Aber auch die Drusen und Füllungen von Bergkrystall, Adular, Glimmer, von Albit, Chlorit, Epidot, Apatit und vielen anderen Mineralen, welche im Granit, Gneiss und anderen krystallinischen Schiefern auftreten, sind als Bildungen durch Lateralsecretion zu betrachten, wenngleich hier eine Grenze gegenüber den Mineralgängen schwer anzugeben ist. Da wir uns die Ursache dieser Bildungen auch gegenwärtig fortdauernd denken, so müssen wir auch zugeben, dass alle die genannten Krystallisationen auch jetzt noch fortdauern, also immer noch neue Krystalle gebildet, alte vergrössert werden (202).

Die allgemeine Niederschlagsbildung in der Erdrinde erklärt sich daraus, dass die im Gestein verbreiteten Wässer allmälig gesättigte Lösungen bilden, welche durch die, wenn auch langsame Bewegung des Wassers immer wieder mit anderen Punkten in Berührung kommen. Solche Lösungen haben die Fähigkeit, einerseits aus der Umgebung lösliche Verbindungen aufzunehmen, anderseits aber gleichzeitig schwer lösliche Verbindungen im krystallinischen Zustande abzusetzen. Die Verschiedenheit des Druckes und der Temperatur in verschiedenen Tiefen der Erdrinde dürfte bei diesen Vorgängen blos einen modificirenden Einfluss ausüben.

Die beständige Trümerbildung im Kalkstein leitet sich demnach daraus ab, dass die eindringenden kohlensäurehältigen Wässer allmälig eine gesättigte Lösung von Kalkbicarbonat bilden, und dass diese die Fähigkeit hat, dichten Kalkstein zu lösen und gleichseitig krystallinischen Kalkspath abzusetzen, was wiederum der Tendenz entspricht, die schwerst löslichen Producte zu bilden.

In den Kieselgesteinen werden sich häufig Silicatlösungen bilden, und es wird der krystallinische Absatz öfter aus Silicaten bestehen, wofern die Lösungen nicht durch freie Kohlensäure oder durch Bicarbonate zersetzt werden. In letzterem Falle würde blos Quarz gebildet. Dadurch ist es erklärlich, dass in den Erzgängen, bei deren Bildung freie Kohlensäure oder Bicarbonate ins Spiel kommen, im Allgemeinen keine Silicate vorkommen, Quarz aber ungemein verbreitet ist.

215. Mineralbildungen veranlasst durch Organismen. Der Uebergang von Substanzen aus dem Zustande der Lösung in den starren Zustand wird häufig durch lebende Organismen oder durch organische Ueberreste hervorgerufen, so dass ein grosser Theil dessen, was jährlich der festen Erdrinde zugeführt wird, auf Rechnung des Einflusses von Organismen kommt.

Am grossartigsten ist die Abscheidung von Kalkcarbonat durch die Lebensthätigkeit der Meeresthiere. Unzählige Riffe und Inseln in den Meeren der Tropenzone werden von Korallenthieren aufgebaut und vergrössert. Dana und Darwin haben den Vorgang ausführlich geschildert. Die Ablagerung der Schalen

von Mollusken, Echinodermen etc. führen zur Bildung der Muschelbänke in der Nachbarschaft des Festlandes. Die Erforschung der Tiefsee hat gezeigt, dass beständig Schichten eines kreideähnlichen Kalksteines durch Foraminiferenreste gebildet werden.

Das Meerwasser enthält Calcium in der Form von Bicarbonat in geringer, in der Form von Sulfat in grösserer Menge (200). Durch den Lebensprocess der Meeresthiere wird in den Schalen und festen Körpertheilen unlösliches Kalkcarbonat abgesetzt. G. Rose hat gezeigt, dass dasselbe zum grösseren Theile Kalkspath, zum kleineren Theile Aragonit sei.

Da sehr viele Kalksteine Ueberreste von Meeresthieren enthalten, andere ganz und gar aus solchen zusammengesetzt sind und alle Uebergänge von diesen zu dichtem Kalkstein vorkommen, so hat sich die Ansicht entwickelt, dass auch die dichten Kalksteine, welche in mächtigen Ablagerungen auftreten, zoogene, d. i. durch thierische Organismen gebildete Meereskalke seien. Manche Forscher nehmen jedoch an, dass ein Theil derselben von einer chemischen Abscheidung des Kalkspathes, ähnlich wie bei der Sinterbildung, herrühre.

Im Meere kommen auch Algenvegetationen vor, welche als Nulliporen oder Lithothamnien bezeichnet werden, und welche sich fortwährend mit Kalkcarbonat incrustiren. Auf solche Weise wachsen ebenfalls Riffe und Kalkbänke. Ein Theil der Kalksteine lässt durch die Textur deutlich diesen Ursprung erkennen, daher man auch phytogene, d. i. durch die Thätigkeit von Pflanzen veranlasste Meereskalksteine unterscheidet. Der Vorgang der Abscheidung ist derselbe, wie bei der Bildung des Kalktuffes.

Am Ursprung von Quellen und in Bächen, welche reich an Kalkbicarbonat sind, incrustiren sich häufig Algen, Moose und andere Pflanzen mit Kalkcarbonat, was zur Bildung löcheriger Kalksteine führt, welche als Kalktuff bezeichnet werden. Wie Cohn zeigte, erklärt sich der Vorgang daraus, dass die Pflanzen, welche zu ihrer Ernährung der Kohlensäure bedürfen, diese dem Bicarbonat entnehmen, wodurch es zu unlöslichem Carbonat wird und sich auf den Pflanzen absetzt. Auch der Absatz der heissen Quellen von Karlsbad, von Nauheim u. a., der aus Aragonit besteht, lässt Algenvegetationen erkennen.

Kalkphosphat wird nicht selten in der Form von Wirbelthierknochen, welche phosphorsauren und kohlensauren Kalk enthalten, dem Boden einverleibt, wodurch Anlass zur Bildung anderer Phosphate gegeben ist. Auch die als Guano bezeichneten Ablagerungen von Excrementen enthalten Phosphate, welche durch Infiltration in das benachbarte Gestein Gelegenheit zu Neubildungen geben.

Kieselerde wird im amorphen Zustande im Meere durch viele Spongien, Rhizopoden u. s. w. abgeschieden. Die Bildung von Hornsteinbänken und von Feuersteinknollen wird auf diese Thätigkeit zurückgeführt. Auf dem Festlande werden in dem sumpfigen Boden mancher Gegenden durch Ablagerung der Ueberreste von Diatomeen, welche zierliche Kieselpanzer von mikroskopischer Kleinheit bilden, erdige Schichten abgesetzt. Kieselguhr und Polirschiefer bestehen aus derlei Ueberresten.

Digitized by Google

Auch die Entstehung des Raseneisensteins, welcher ein stark verunreinigtes Brauneisenerz ist, rührt nach Senft von der chemischen Wirkung der Pflanzen her. Die organischen Säuren, welche von denselben ausgeschieden werden, lösen das dem benachbarten Sande anhaftende Eisenoxyd und bilden damit Verbindungen, die schleimige Ueberzüge darstellen. Der organische Theil der letzteren zersetzt sich allmälig in Kohlensäure und Wasser, das Eisenhydrat bleibt in Schichten zurück.

Die Ablagerung kohliger Pflanzenreste lässt sich in Gegenden, wo die Torfbildung noch fortschreitet, beobachten. Hier werden die Reste von Pflanzen durch die Wasserbedeckung vor der raschen Verwesung geschützt, jedoch durch Verlust von Wasserstoff und Sauerstoff, welche in der Form von Wasser ausgeschieden werden, in dunkelgefärbte Producte verwandelt. Dass die Braunkohlen auf ähnliche Weise entstanden sind, wird durch die meistens deutliche Pflanzentextur bewiesen. In den Steinkohlen sind Pflanzenformen vielfach durch mikroskopische Beobachtungen erkannt worden. Der Anthracit wird ebenfalls von Pflanzenresten abgeleitet.

Pflanzenreste bringen in eisenhaltigen Wässern häufig einen Niederschlag von Pyrit hervor. In schilfreichen Sümpfen und Teichen bildet sich daher oft ein schwarzer pyrithaltiger Schlamm. In Thonschichten, welche an Düngergruben grenzen, wurde die Entstehung von Pyritadern beobachtet. Wird ein Wasser, welches ein Sulfat, z. B. schwefelsaures Natron, ferner ein wenig von einem Eisensalz enthält, mit Holzfasern in einem Gefässe eingeschlossen, so setzen sich mit der Zeit schwarze Flocken von Pyrit ab. Die Holzfaser entzieht dem Sulfat Sauerstoff, das entstandene Schwefelnatrium bewirkt den Niederschlag von Schwefeleisen. Die Pyritbildung erfolgt also durch eine Reduction. Dadurch wird das häufige Zusammenvorkommen von Pyrit und Steinkohle erklärt, ferner die Erscheinung, dass in verschiedenen Gesteinen, sobald dieselben organische Ueberreste führen, auch Pyrit als Imprägnation vorkommt.

Lit. J. D. Dana, Corals and Coral Islands, New-York 1872; Ch. Darwin, Bau und Verbreitung der Korallenriffe, Stuttgart 1876; Cohn, Jahrb. f. Min., 1864, pag. 580; Senft, Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, Leipzig 1862; die Werke von Bischof und Roth; Credner, Elemente der Geologie.

216. Veränderung der Minerale. Durch die lösende Wirkung der circulirenden Wässer werden fortwährend Stoffe aufgenommen, an anderen Stellen des Gesteines abgesetzt oder in den Quellwässern an die Erdoberfläche gebracht. Demnach werden der Erdrinde beständig grosse Stoffmengen sowohl entzogen als auch zugeführt, und zwar in der Weise, dass manche Minerale, wie der Calcit, geradezu aufgelöst, andere aber, wie der Feldspath, verändert werden. Dieser letztere Wechsel besteht darin, dass aus den vorhandenen chemischen Verbindungen einige Stoffe gänzlich, andere zum Theil entfernt werden, wieder andere unangegriffen bleiben, endlich darin, dass anstatt ursprünglich vorhandener Stoffe andere substituirt werden. Dadurch ändert sich die Beschaffenheit

vieler Minerale gänzlich, so dass der neue Zustand schon durch eine neue Textur erkannt wird.

Andererseits vollziehen sich auch Veränderungen, welche von den vorigen verschieden sind, an einzelnen Punkten der Erdrinde durch die aus der Tiefe kommenden Gase und Dämpfe oder durch die hohe Temperatur beim Empordringen eruptiver Massen. Kommen diese mit vorhandenen Mineralen oder Gesteinen in Berührung, so bewirkt oft schon die Erhitzung eine Zerlegung vorhandener Verbindungen oder es entstehen neue durch Zusammenschmelzen. Auch hier zeigt sich die Veränderung oft durch eine neue Textur an.

217. Zersetzung. Man bedient sich dieses Ausdruckes häufig, um die eingetretene, aber noch nicht vollendete chemische Veränderung eines Minerals ohne Rücksicht auf die entstandenen Producte zu bezeichnen. So spricht man von einem zersetzten Feldspath, wofern noch etwas von dem ursprünglichen Mineral bemerkbar ist, aber nicht erkannt werden kann oder nicht angegeben werden soll, welches Mineral aus demselben geworden sei.

Auch bei den Versuchen, chemische Veränderungen der Minerale herbeizuführen, begnügt man sich öfters mit der Thatsache, dass eine solche Veränderung begonnen habe, weil man blos die Absicht hat, zu constatiren, dass das Mineral unter den gegebenen Umständen veränderlich, dass es zersetzbar sei. Am wichtigsten sind die Versuche mit schwer zersetzbaren Mineralen.

Daubrée untersuchte die Wirkung des reinen Wassers auf Orthoklas $K_2 Al_2 Si_6 O_{16}$. Stücke desselben wurden mit Wasser in einen Cylinder gethan, durch dessen Rotation der Orthoklas zu Pulver zerrieben wurde. Während des achttägigen Versuches wurden 3 Perc. des Kaligehaltes aus dem Pulver extrahirt und wurde auch Kieselsäure in Lösung gebracht. Kohlensäurehaltiges Wasser wirkte viel schwächer, da es weniger Kali auszog. Die Gebrüder Rogers fanden, dass Silicate wie Feldspath, Hornblende, Chlorit, Serpentin durch kohlensäurehaltiges Wasser angegriffen und dass davon 0·1 bis 0·4 Perc. gelöst werden. R. Müller untersuchte die Einwirkung von kohlensaurem Wasser auf mehrere Minerale, welche gepulvert und mit solchem Wasser in Flaschen eingeschlossen wurden. Die Kohlensäure war bei $3^1/_4$ Atmosphären Druck eingepumpt. Einige Beispiele der nach 7 Wochen erfolgten Zersetzung sind:

	gelöst wurden	bestehend vorzugsweise aus
Orthoklas $K_2Al_2Si_6O_{16}$	0·328 Perc.	K_2O, dann SiO_2
Olivin $(Mg, Fe)_2SiO_4$	2·111 „	FeO, „ MgO, SiO_2
Serpentin $(Mg, Fe)_3H_4Si_2O_9$	1·211 „	MgO, „ FeO
Apatit $Ca_5P_3O_{12}Cl$	2·018 „	CaO, „ P_2O_5
Magnetit $FeO . Fe_2O_3$	1·812 „	FeO.

Die zersetzende Wirkung des Sauerstoffes auf oxydirbare Minerale lässt sich oft sehr leicht nachweisen, so z. B. beim Eisenspath, dessen Pulver, mit Wasser angerührt, an der Luft allmälig braun wird.

Die Wirkungsweise der schwefeligen Säure SO_2, welche bei den vulkanischen Eruptionen eine Rolle spielt (207), wurde von W. Schmidt geprüft. Die schwefelige Säure veranlasst nicht so sehr direct, als nach der Verwandlung in Schwefelsäure H_2SO_4 weitgehende Zersetzungen. Aus den verschiedenen Silicaten werden nicht nur MgO, FeO, CaO, Na_2O etc. ausgezogen, sondern es wird auch viel Al_2O_3 extrahirt.

Durch Schmelzen oder durch Eintauchen von Mineralen in heissflüssige Gesteinschmelze werden öfters Zersetzungen hervorgebracht. Granat verwandelt sich nach Descloizeaux durch Schmelzen in Augit und Anorthit. Hornblende wird nach Dölter und Hussak beim zweiten Versuche faserig und umgibt sich mit einer schwarzen Rinde, reich an Magnetit. In solchem Zustande findet sich die Hornblende nach Zirkel häufig in Eruptivgesteinen.

Lit. R. Müller, Tschermak's Mineralog. Mitth. 1877, pag. 25.; W. Schmidt, ebendas. 2. Folge, Bd. 4, pag. 1; Daubrée, Synthetische Studien z. Experimentalgeologie, pag. 207. Descloizeaux, Manuel de Minéralogie, pag. 277. Dölter und Hussak, Jahrb. f. Min. 1884, Bd. I., pag. 26.

218. Aufnahme und Abgabe von Stoffen. Die eingetretene Veränderung besteht öfters in einer blossen Aufnahme von Substanz, so z. B. bei der Verwitterung des Eisenkieses FeS_2, welcher an feuchter Luft durch Aufnahme von Sauerstoff und Wasser in Eisenvitriol $FeSO_4 + 7H_2O$ und in Schwefelsäure H_2SO_4 übergeht, oder bei dem Schwarzwerden des Silbers durch Einfluss des Schwefelwasserstoffes, wobei Schwefelsilber Ag_2S entsteht. Durch Aufnahme von Wasser zerfliessen (deliquesciren) manche Salze an der Luft, z. B. der Carnallit, $MgCl_2 . KCl . 6H_2O$, welcher sich dabei in Chlorkalium und in Chlormagnesium zerlegt.

Von den Versuchen mit schwierig veränderlichen Mineralen sind jene wichtig, welche an dem Kaolin $2H_2O . Al_2O_3 . 2SiO_2$ angestellt wurden. Lemberg hat gezeigt, dass dieses Mineral, welches im Allgemeinen sehr widerstandsfähig ist, durch Behandlung mit einer Lösung von Kalisilicat oder Natronsilicat Producte liefert, welche ungefähr die Zusammensetzung $2H_2O . K_2O . Al_2O_3 . 4SiO_2$ und $3H_2O . Na_2O . Al_2O_3 . 4SiO_2$ haben.

Durch Verlust von Substanz verändern sich viele wasserhaltige Salze, indem sie verstäuben (91). Krystalle von Soda, Glaubersalz, Bittersalz verlieren in trockener Luft ihren Wassergehalt ganz oder theilweise und zerfallen. Ein Beispiel von Wasserverlust ist auch die Verwandlung von Gyps $CaSO_4 + 2H_2O$, in Anhydrit $CaSO_4$, welche G. Rose an Pseudomorphosen erkannte, und welche Hoppe-Seyler experimentell verfolgte, indem er Gyps in einer Steinsalzlösung bis 130° erwärmte.

219. Austausch. Die meisten chemischen Veränderungen der Minerale lassen sich auf einen Austausch von Stoffen zurückführen. Die Erklärung wird aber wesentlich erleichtert, wenn die Anführung jener Versuche vorausgeht, welche bisher angestellt wurden, um derlei Vorgänge an Mineralen zu veranlassen. Um die Erscheinungen in kürzerer Zeit hervorzurufen, ist es meist nöthig,

den Process durch Wärme zu beschleunigen. Das Mineralpulver wird längere Zeit hindurch mit den Lösungen in der Wärme behandelt, schwer veränderliche Minerale werden mit den Lösungen in Glasröhren eingeschlossen und diese höheren Temperaturen (bis zu 200° C.) ausgesetzt.

Bei derlei Versuchen, welche besonders zahlreich von Lemberg ausgeführt wurden, zeigte sich oft sehr deutlich die Wirkung grosser Massen, welche schon seinerzeit Berthollet hervorgehoben hat. Ein Stoff, der, in kleinen Mengen angewandt, keinen Austausch hervorbringt, vermag, in überwiegender Menge angewandt, andere Stoffe aus ihren Verbindungen zu verdrängen.

Einige wichtige Versuche sind:

Austausch von Basen:

1. Kali gegen Natron und umgekehrt. Pulver von Leucit $K_2O . Al_2O_3 . 4 SiO_2$, mit einer Lösung von $NaCl$ oder von Na_2CO_3 behandelt, liefert ein Product von der Zusammensetzung $2 H_2O . Na_2O . Al_2O_3 . 4 SiO_2$, welche dem Analcim entspricht. Letzteres Pulver, mit Lösungen von Kalisalzen behandelt, wird zurückverwandelt, bis es wieder die Zusammensetzung $K_2O . Al_2O_3 . 4 SiO_2$ hat.

2. Kalk gegen Magnesia. Kalkspath mit $MgCl_2$-Lösung behandelt, nimmt Mg auf und verliert Ca. Wollastonit $CaO . SiO_2$, mit ebensolcher Lösung behandelt, liefert ein Product von ungefähr der Zusammensetzung $H_2O . MgO . SiO_2$. Hier wird demnach auch Wasser aufgenommen.

Austausch von Säuren:

3. Silicate liefern Carbonate: Monticellit $CaO . MgO . SiO_2$ wird durch Lösungen von kohlensauren Alkalien zerlegt, indem ein Magnesiasilicat und $CaCO_3$ entstehen.

4. Verwandlung von Carbonaten in Silicate bei hoher Temperatur: Kalkspath $CaCO_3$ oder Magnesit $MgCO_3$ mit einer Lösung von Alkalisilicat im geschlossenen Rohre erhitzt, liefern Ca- oder Mg-Silicat.

5. Verwandlung von Sulfaten in Carbonate: Gyps $CaSO_4 + 2 H_2O$ mit einer Lösung von Na_2CO_3 behandelt, liefert Aragonit $CaCO_3$. Baryt $BaSO_4$ liefert $BaCO_3$.

6. Verwandlung von Chloriden und Fluoriden in Carbonate: Atakamit $2 HO . Cu_2 . OHCl$ mit einer Lösung von Natronbicarbonat $HNaCO_3$ bei gewöhnlicher Temperatur behandelt, gibt Malachit $2 HO . Cu_2 . CO_3$. Fluorit CaF_2 mit Na_2CO_3-Lösung in der Wärme behandelt, liefert $CaCO_3$.

Lit. Bischof, Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie, Bd. I. Eichhorn, Poggendorffs Ann., Bd. 105, pag. 126. Lemberg Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch., Bd. 22, pag. 335, Bd. 24, pag. 187, Bd. 28, pag. 519, Bd. 29, pag. 457.

220. Fällung. Wenn der Austausch nicht blos einen Theil der vorhandenen Verbindung betrifft, sondern sich auf die ganze Substanz erstreckt, so erscheint der Vorgang als die Fällung einer in Lösung vorhandenen Substanz durch das starre Mineral, welches gleichzeitig gelöst wird.

7. Fällung von Kieselsäure oder von Silicaten durch Carbonate: Wird eine Lösung von Kieselsäure durch Kalkspathpulver filtrirt, so bleibt die Kieselsäure

auf dem Kalkspath, der in entsprechender Menge gelöst wird. Ebenso verhält sich eine Auflösung von Alkalisilicat.

8. Fällung von Carbonaten durch Kalkspath: Wird Kalkspathpulver mit Lösungen von $FeCO_3$, $ZnCO_3$, $MgCO_3$ in kohlensaurem Wasser behandelt, so löst sich der Kalkspath auf, während jene Carbonate sich absetzen, da sie schwerer löslich sind. Vergl. pag. 286.

9. Fällung von Eisenhydrat durch Kalkspath: Wird Kalkspath in die Lösung von Fe_2Cl_6 gebracht, so fällt ein brauner Niederschlag von $2Fe_2O_3 . 3H_2O$, während der Kalkspath gelöst wird. Bei Anwendung hohen Druckes erhielt Sénarmont bei diesem Versuche einen Niederschlag von wasserfreiem Oxyd Fe_2O_3.

221. Bedeutung der Pseudomorphosen. Die zuvor angeführten Versuche zeigen, dass Minerale durch die in der Natur circulirenden Stoffe umgewandelt werden können. Dass aber die Minerale derlei Veränderungen thatsächlich erfahren, zeigen die secundären Bildungen überhaupt, in exacter Form beweisen es die Pseudomorphosen. Die äussere Form derselben zeigt an, welches Mineral früher auf der Fundstätte vorhanden war, der Inhalt aber gibt an, welches Product bei der Veränderung jenes Minerales entstanden ist. Damit ist der Anfangspunkt und das Endresultat des ganzen Vorganges bekannt. Welche Medien die Verwandlung hervorgerufen haben, lässt sich zwar nicht ebenso exact bestimmen, doch erlaubt das Vorkommen der meisten Pseudomorphosen im Gestein und auf den Gängen keine andere Vermuthung, als die eine, dass wässerige Lösungen, also die natürlichen Wässer, die Wirkung ausgeübt haben. Damit ist die Art der Bildung erkannt und sind die ins Spiel kommenden Stoffe wenigstens im Allgemeinen bestimmt. Nur wenige Pseudomorphosen, die an Punkten vulkanischer Thätigkeit vorkommen, sind als Resultate der Veränderung durch Schmelzung oder durch Einwirkung der schon früher genannten Gase und Dämpfe anzusehen.

Aus den vorhandenen Beobachtungen ergibt sich, dass Minerale aus fast allen Abtheilungen pseudomorph auftreten, dass also nur wenige Abtheilungen von der secundären Bildungsweise ausgeschlossen sind. Besonders hervorzuheben ist die Thatsache, dass auch Quarz, wasserfreie Silicate, wie Feldspathe, Hornblenden, ferner Magnetit u. s. w., also Mineralgattungen, welche als wesentliche Gemengtheile der ältesten Gesteine vorkommen, unter diesen secundären Bildungen vertreten sind.

Die Versuche der Nachahmung von Pseudomorphosen gelingen öfters, namentlich wenn dem Experimente genügende Zeit eingeräumt wird. Krystalle von Gyps werden in einer Lösung von kohlensaurem Natron mit Erhaltung der Form in kohlensauren Kalk (Aragonit) verwandelt. (Vergl. pag. 299, Nr. 5.) Die Nachahmung der Pseudomorphose von Malachit nach Atacamit lässt sich ausführen, wenn die Krystalle des Atacamits durch einige Jahre in einer Lösung von doppeltkohlensaurem Natron liegen bleiben (vergl. ebendas. Nr. 6). Schwieriger ist die Nachahmung der Pseudomorphose von Limonit nach Calcit (Nr. 9), weil die entstehende Bildung ziemlich locker ausfällt.

Digitized by Google

In vielen Fällen ist die Nachahmung des Vorganges nicht ausführbar, wofern das ursprüngliche Mineral nur sehr schwer veränderlich ist, folglich der Versuch sehr lange Zeiträume in Ansprnch nehmen würde. Darin liegt aber hauptsächlich die Bedeutung der Pseudomorphosen, dass dieselben anch in einem solchen Falle den Beweis der eingetretenen Veränderung liefern, in welchem die nns zu Gebote stehenden Mittel unvermögend sind, einen ähnlichen Vorgang einzuleiten.

222. Eintheilung. Die Pseudomorphosen werden nach ihrer Bildungsweise in zwei Abtheilungen gebracht:

1. Umwandlnngs-Pseudomorphosen, d. i. solche, bei deren Bildung die Substanz des ursprünglichen Minerales ganz oder theilweise erhalten bleibt.

Wenn aus einem Mineral ein neues ohne Aenderung der Substanz entsteht, so ist dies eine blosse Umlagerung der Molekel. Dieser Fall kann nur bei polymorphen Substanzen eintreten **(171)**. Ein Beispiel ist die Pseudomorphose von Calcit nach Aragonit. Scheerer hat solche Bildungen Paramorphosen genannt.

Die übrigen hierhergehörigen Pseudomorphosen sind jene, welche aus dem ursprünglichen Mineral durch Aufnahme, durch Abgabe oder durch Austausch von Stoffen entstanden sind.

Bei der Aufnahme von Stoffen wird auch das Volumen zunehmen, so dass die Form nur sehr unvollkommen erhalten bleibt, z. B. bei der Pseudomorphose von Silberglanz nach gediegen Silber. Pseudomorphosen dieser Abtheilung sind nicht häufig.

Etwas grösser ist die Anzahl derjenigen, welche durch Abgabe von Stoffen gebildet werden. Das Volumen wird sich in diesem Falle verringern, daher die so entstandenen Gebilde oft locker oder porös aussehen. Ein Beispiel sind die porösen Pseudomorphosen von gediegen Kupfer nach Rothkupfererz Cu_2O. Dieselben können, wie Knop gezeigt hat, dadurch nachgeahmt werden, dass man das Rothkupfererz mit verdünnter Schwefelsäure behandelt $Cu_2O + H_2SO_4 = Cn + CuSO_4 + H_2O$. Kupfersulfat geht in Lösung. Aehnlich verhält es sich mit der Psendomorphose von Rotheisenerz Fe_2O_3 nach Magnetit $FeO.Fe_2O_3$, wenn aus letzterem durch kohlensaures Wasser das Eisenoxydul ausgezogen wird. (Vergl. pag. 297.)

Am häufigsten sind die durch Austausch entstandenen Pseudomorphosen. Beispiele sind folgende:

Siderit $FeO.CO_2$, verwandelt in Limonit $2Fe_2O_3.3H_2O$. Man erklärt sich den Vorgang durch Einwirkung der Tagewässer, die eine Aufnahme von Sauerstoff und Wasser veranlassen, während CO_2 austritt:

$$4FeCO_3 + 2O + 3H_2O = 2Fe_2O_3.3H_2O + 4CO_2.$$

Bleiglanz PbS, verwandelt in Weissbleierz $PbCO_3$. Erklärlich durch die Einwirkung carbonatführender Tagewässer, z. B.:

$PbS + 4O + Na_2CO_3 = PbCO_3 + Na_2SO_4$. Das entstandene Natriumsulfat geht in Lösung.

Eisenkies FeS_2, verwandelt in Göthit $Fe_2O_3 . H_2O$. Entsprechend dem vorigen Beispiele.

$$2FeS_2 + 15O + H_2O + 4Na_2CO_3 = Fe_2O_3 . H_2O + 4Na_2SO_4 + 4CO_2.$$

Gyps, verwandelt in Aragonit. Die Erklärung wurde in Nr. 5, pag. 299 gegeben.

Calcit, verwandelt in Dolomit. Diese Pseudomorphose wird gewöhnlich als eine durch Umwandlung entstandene nach Nr. 2 auf derselben pag. erklärt.

Orthoklas $K_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2$, verwandelt in Kaolin $2H_2O . Al_2O_3 . 2SiO_2$. Durch Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser zu erklären.

$$K_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2 + CO_2 + 2H_2O = 2H_2O . Al_2O_3 . 2SiO_2 + K_2CO_3 + 4SiO_2.$$

Die ausser dem Kaolin entstandenen Producte werden durch das Wasser abgeführt. Wegen des grossen Stoffverlustes ist die Pseudomorphose ungemein locker und porös.

Tremolit $CaO . 3MgO . 4SiO_2$, verwandelt in Talk $H_2O . 3MgO . 4SiO_2$. Ein einfacher Vorgang:

$$CaO . 3MgO . 4SiO_2 + CO_2 + H_2O = H_2O . 3MgO . 4SiO_2 + CaCO_3.$$

Das gebildete Kalkcarbonat wird durch das einwirkende kohlensäurehaltige Wasser gelöst.

Olivin, verwandelt in Serpentin. Der Einfachheit wegen soll für den Olivin blos das Magnesiasilicat $2MgO . SiO_2$, welches den grössten Theil desselben bildet, in Betracht gezogen werden.

$$2(2MgO . SiO_2) + CO_2 + 2H_2O = 2H_2O . 3MgO . 2SiO_2 + MgCO_3.$$

Auch hier wird das gebildete Carbonat gelöst:

Leucit $K_2O . Al_2O_3 . 4SiO_2$, verwandelt in Analcim $2H_2O . Na_2O . Al_2O_3 . 4SiO_2$. Durch die früher genannten Versuche Lemberg's erklärt.

Analcim, verwandelt in Orthoklas. Lässt sich durch Einwirkung von Kieselsäure und einem Kalisalz erklären.

$$2H_2O . Na_2O . Al_2O_3 . 4SiO_2 + 2H_2SiO_3 + K_2SO_4 = K_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2 + Na_2SO_4 + 4H_2O.$$

Das Beispiel zeigt die Bildung eines wasserfreien Silicates aus einem wasserhaltigen, ähnlich wie bei Lemberg's Rückverwandlung des Leucits.

2. Verdrängungs-Pseudomorphosen sind solche, bei deren Bildung die Substanz des ursprünglichen Minerales vollständig entfernt wird. Das neugebildete Mineral verdrängt gleichsam das früher vorhandene. Das am häufigsten verdrängte Mineral ist Kalkspath. Beispiele sind:

Gyps in der Form von Steinsalz. Erklärt sich durch das Zusammentreffen einer gesättigten Gypslösung mit Krystallen von Steinsalz, welche von Thon umgeben waren. In dem Masse, als die Gypslösung Steinsalz auflöst, setzt dieselbe krystallinischen Gyps ab, hier wirkt also der Unterschied der Löslichkeit.

Eisenspath in Form von Kalkspath. Diese Pseudomorphose wird wie die vorige durch das Löslichkeitsverhältnis erklärt (209), sonst wurde dieselbe auch als Umwandlungspseudomorphose aufgefasst.

Quarz in der Form von Calcit. Da wasserhaltige Kieselsäure durch Carbonate gefällt wird (vergl. pag. 299, Nr. 7), so ist die Bildung dieser Pseudomorphose auch begreiflich. Wenn ferner Quarz in der Form von Gyps, Fluorit, Blei-

Digitized by Google

glanz vorkommt, so hat man zwei Stadien anzunehmen, erstens die Umwandlung der letztgenannten Minerale in Carbonate, zweitens die Fällung der Kieselsäure durch dieselben.

Limonit oder Rotbeisenerz in der Form von Kalkspath. Erklärung pag. 300, Nr. 9. Man nimmt gewöhnlich an, dass die aus Rotheisenerz bestehende Pseudomorphose früher aus Limonit bestand und durch Wasserverlust den gegenwärtigen Zustand erlangt habe.

Ausser den zuvor beim Quarz erwähnten Verdrängungs-Pseudomorphosen gibt es noch andere, welche mehrere Bildungsstadien haben. So z. B. kommen Pseudomorphosen von Limonit nach Kalkspath vor, die nach deutlichen Merkmalen zu schliessen, zuerst aus Kalkspath, hierauf aus Eisenspath bestanden. Die Umwandlung des letzteren führte erst zu dem gegenwärtigen Zustande.

223. Bildung der Versteinerungen. Die Bildung der Versteinerungen lässt sich auf ähnliche oder gleiche Vorgänge zurückführen, wie jene der Pseudomorphosenbildung. Man unterscheidet wiederum zwischen Umwandlung und Verdrängung.

Die gewöhnlichen aus kohlensaurem Kalk bestehenden thierischen Ueberreste sind als das Resultat einer Umwandlung durch Verlust der organischen Substanz anzusehen, die übrigen Versteinerungen und Vererzungen entsprechen zumeist einer Verdrängung.

Die aus Baryt, Eisenspath, Zinkspath, Chalcedon bestehenden Versteinerungen haben die Form der früher erwähnten. Sie bestanden ehedem aus kohlensaurem Kalk, der aufgelöst wurde, während die schwerer löslichen Verbindungen an dessen Stelle traten.

Die aus Brauneisenerz und Rotheisenerz gebildeten Vererzungen erklären sich wie die entsprechenden Verdrängungs-Pseudomorphosen, die aus Pyrit und Markasit bestehenden werden zumeist als Resultat einer durch organische Substanz veranlassten Fällung angesehen. In der That sind es zumeist Pflanzenreste, welche durch jene Kiese imprägnirt oder verdrängt erscheinen.

Die verkieselten Hölzer, welche aus Quarz, Chalcedon oder Opal bestehen, lassen sich als Resultat der Einwirkung eines Alkalisilicates auf die faulende Holzsubstanz betrachten, wobei letztere als huminsaures Alkali gelöst und Kieselsäure gefällt wurde.

Lit. über Pseud. und Verst auf pag. 123 und in den eingangs genannten Werken von Bischof, Blum, Volger und Roth.

224. Umwandlung des Gefüges. Dieselben oder ähnliche Veränderungen, wie jene, welche die Pseudomorphosen darbieten, kommen auch in grösserem Massstabe, also an Gesteinen und Lagerstätten vor. Auch hier bleiben die Umrisse des Ganzen beiläufig oder vollständig erhalten, während der Inhalt eine Wandlung erfährt.

Eine häufig wiederkehrende Erscheinung ist die Veränderung der Textur ohne Aenderung der Substanz, also ein der Paramorphose ähnlicher Vorgang. Man kann mehrere Fälle unterscheiden:

1. Ein klastisches Aggregat verwandelt sich in ein krystallinisches. Als Beispiel kann die Verwandlung von Quarzsandstein in Quarzit dienen. Die Quarzkörner mancher Sandsteine zeigen ein Fortwachsen, indem neuerdings abgesetzter durchsichtiger Quarz an die Körner in paralleler Stellung angelagert wird und an freien Stellen Krystallflächen oder auch vollständige Krystallformen ausgebildet werden, Fig. 347. Dort aber, wo die Quarzkörner enger aneinander liegen, nimmt das Fortwachsen ein Ende, sobald die Zwischenräume ausgefüllt sind, worauf das Ganze ein krystallinisch-körniges Gefüge zeigt. Fig. 348. Auch Feldspathkörner in Sandsteinen zeigen öfters die Erscheinung des Fortwachsens.

2. Eine amorphe Masse wird krystallinisch. Diese Erscheinung wurde schon früher pag. 119 und pag. 283 erwähnt.

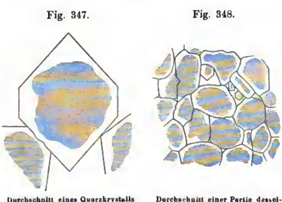


Fig. 347. Durchschnitt eines Quarzkrystalls aus dem Braunkohlen-Sandsteine von Karlsbad, Böhmen. 10mal vergrössert.

Fig. 348. Durchschnitt einer Partie desselben Sandsteines. 4mal vergrössert. Die ursprünglichen trüben Quarzkörner sind in beiden Figuren durch eine Schraffirung angezeigt.

3. Dichte Minerale und Gemenge nehmen ein deutlich kystallinisches Gefüge an. Ein Beispiel gibt dichter Kalkstein, welcher in der Nähe der Contactgrenze in körnigen Marmor verwandelt erscheint (194). In diesem Falle wird die Veränderung von Vielen auf Hitzewirkung zurückgeführt, da es J. Hall und G. Rose gelang, kohlensauren Kalk im geschlossenen Raume bei hoher Temperatur in eine krystallinische Masse zu verwandeln.

Andere Beispiele geben Steinsalz, Gyps, welche in den gegenwärtig gebildeten Absätzen der Salzseen fast dicht, in den älteren Ablagerungen deutlich krystallinisch bis grobkörnig erscheinen. Diese Veränderung ist nachzuahmen, wenn man das Pulver löslicher Salze anfeuchtet und längere Zeit stehen lässt. Die Masse wird deutlich krystallinisch. Dem entspricht auch die Wahrnehmung, dass neu gebildete Kalkabsätze gewöhnlich dicht erscheinen, während die Kalksteine der älteren Schichten krystallinisch sind. Die Aenderung des Gefüges ist in den letzteren Fällen durch die Einwirkung der concentrirten Lösung zu erklären (210). Es entsteht gleichsam ein Kampf ums Dasein, indem von den ursprünglich vorhandenen sehr kleinen Individuen die einen sich vergrössern, während andere zurückbleiben oder aufgelöst werden.

Lit. Zirkel, Lehrb. d. Petrographie. I. Bd. pag. 224. A. Knop. Jahrb. f. Min. 1874, pag. 281; Irving, American Journ. of science, 3. Serie, Bd. 25, pag. 401; Vanhise, ebendas. Bd. 27, pag. 399; O. Lang, Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch. Bd. 33, pag. 217.

Digitized by Google

225. Umwandlung der Substanz. Die chemische Metamorphose, welche an den Umwandlungspseudomorphosen erkannt wird, ist keine locale Erscheinung, welche blos an einzelnen Individuen und an einzelnen Fundstätten der Minerale eintritt, sondern dieselbe lässt sich in sehr verschiedener Ausdehnung fast allenthalben beobachten. Bisweilen sind es grössere Mineralmassen, welche der Umwandlung unterliegen. Ein Beispiel ist die Umwandlung von Kalkstein in Dolomit, welche sich oft an grossen Strecken im Gebirge nachweisen lässt, oder die Umwandlung von Olivinfels in Serpentin, welche man an ausgedehnten und mächtigen Serpentinlagern erkennen kann. In diesen Fällen zeigt das Umwandlungsproduct öfters noch Reste des ursprünglichen Zustandes. So kommen im Dolomit oft Reste von dem Kalkstein vor, welcher die Veränderung zu Dolomit erfuhr. Häufig aber ist die Umwandlung vollständig und keine Spur von dem Urmineral zu entdecken, wie dies manche Serpentinmassen zeigen. Hier ist es aber die eigenthümliche Maschentextur (pag. 122), welche die Entstehung aus Olivin beweist.

In den Mineralgemengen ist oft nur ein einziges Mineral oder es sind einige der Minerale verändert, während alle anderen keine Umwandlung erkennen lassen. So z. B. ist im Centralgneiss der Tauern die Hornblende bei ziemlich guter Erhaltung der Form in Biotit verwandelt, während der Feldspath und Quarz frisch erscheinen. Diese blos einen Theil des Gemenges befallende Veränderung ist eine in sehr vielen älteren Felsarten verbreitete Erscheinung, sie ist aber auch in jüngerem Gestein vielfach im Beginne zu beobachten, so dass die chemische Veränderung der Minerale dem aufmerksamen Mikroskopiker allenthalben entgegentritt.

Zu den meist verbreiteten Umwandlungen gehören vor allen jene der Silicate. Früher war fast nur die Umwandlung in wasserhaltige Verbindungen bekannt, z. B. die Verwandlung der Feldspathe in Glimmer, Epidot in Zeolithe, oder die Veränderung der Augite und Amphibole zu Glimmer und Chlorit, allmälig werden aber auch Umwandlungen, welche wasserfreie Silicate liefern, erforscht, wie die Verwandlung von Augit in Hornblende, von Olivin in Anthophyllit und Hornblende, von Leucit in Orthoklas etc.

226. Verwitterung. Jene Umwandlung, welche die Minerale unter dem Einflusse der Atmosphärilien und der Tagewässer erleiden, pflegt man als Verwitterung zu bezeichnen. Die in der Atmosphäre und den Tagewässern enthaltenen wirksamen Stoffe: Sauerstoff, Kohlensäure, Wasser, verändern die Substanz vieler Minerale, worauf die entstandenen löslichen Verbindungen durch das Wasser weggeführt werden, die unlöslichen oder schwerlöslichen Zersetzungsreste aber zurückbleiben und später oft weggeschwemmt werden. Die Zersetzungsproducte sind häufig wasserhaltige und befinden sich, wenn eine Steigerung möglich war, gewöhnlich in dem höchst oxydirten Zustande.

Die Verwitterung umfasst also blos einen Theil der Umwandlungserscheinungen ohne scharfe Abgrenzung gegen die Vorgänge im Inneren der Erdrinde. Der Unterschied ist aber öfters so gross, dass die beiden Ausdrücke

Verwitterung und Umwandlung sehr wohl getrennt anzuwenden sind, denn bei der Verwitterung wirken die Oxydation und der fortwährende Einfluss von Wässern, welche keine fixen Bestandtheile enthalten, zerstörend, zerlegend, und es bilden sich meistens Producte, welche verschieden von jenen der Umwandlung sind. Bei dieser aber kommen häufig Reductionen vor und die circulirenden Lösungen wirken aufbauend und begünstigen die Entstehung höher zusammengesetzter Verbindungen. Haidinger hat daher diese beiden oft entgegengesetzt wirkenden Vorgänge als anogene und als katogene Metamorphose einander gegenübergestellt.

Bei der Verwitterung überwiegt bald die Oxydation, bald wieder die Auslaugung. Eine sehr häufige Oxydation ist die Verwandlung des Eisenspathes in Limonit, ferner die Verwandlung des Pyrits und Markasits an der Luft in Eisenvitriol und Schwefelsäure, im Boden aber, welcher Carbonate enthält, in ein Brauneisenerz (pag 302). Eine Auslaugung ist die Verwandlnng des Feldspathes in Kaolin. Andere Minerale, wie Albit, Beryll, Glimmer verwittern auch zu Kaolin, thonerdehaltiger Augit zu einem damit ähnlichen erdigen Mineral. Tremolit verwittert zu Talk (pag. 302), ebenso der Bronzit, Diallag.

Wenn Tagewässer auf Klüften hinabsickern, so dringt die Verwitterung in etwas grössere Tiefen. Eisenspathlagerstätten zeigen diese Erscheinung nicht selten.

Ein Beispiel gibt die Eisengrube am Loben bei St. Leonhard in Kärnten, Fig. 349, nach Riedl. An einer fast verticalen Kluft, in welcher Tagewässer herabdringen, findet man fast nur Limonit und nur wenig von dem ursprünglichen Eisenspath, ferner ist eine Eisenspathlinse von dort an, wo sie von der Kluft getroffen wird, bis an ihr Ende in Limonit verwandelt.

227. Verdrängung. Auch die Erscheinungen der Verdrängung treten öfters in grösserem Umfange auf, indem ganze Lagerstätten durch einen vollständigen Austausch gebildet erscheinen. Da der Kalkspath am häufigsten der Verdrängung unterliegt, so kommen die meisten in solcher Weise entstandenen Lagerstätten im Kalkstein oder an der Grenze des Kalksteins vor; zuweilen ist der Kalkstein ganz verschwunden und dessen frühere Gegenwart nur aus der Beschaffenheit der Neubildung erkennbar.

Hierher gehören viele Lagerstätten von Eisenspath, Zinkspath, Brauneisenerz, Rotheisenerz, auch von Manganerzen. Der Beweis der geschehenen Verdrängung lässt sich öfters durch Pseudomorphosen oder Versteinerungen, häufiger aber durch die Erscheinnngen an den Grenzen der Lagerstätte führen. Hier sind es namentlich bestimmte Uebergänge, ferner die Spuren des Eindringens der Neubildung in die Absonderungen des Gesteines und die Merkmale der eingetretenen Auflösung des Kalksteines, welche den Vorgang errathen lassen.

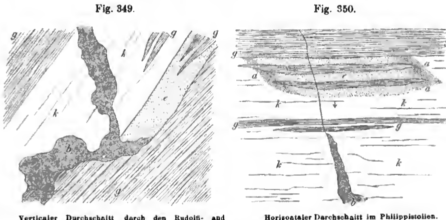
Ein Beispiel gibt die vorgenannte Lagerstätte Kärntens, die aus mehreren Eisenspathlagern besteht, welche in körnigem Kalkstein eingeschlossen erscheinen. Fig. 350. Diese Lager sind sämmtlich an Klüfte gebunden, in denen die Verdrängung des Kalksteines durch Eisenspath erkennbar ist, und welche beiderseits von Eisenspath begleitet sind. An den Grenzen gegen den Kalkstein ist der Uebergang durch Ankerit hergestellt, welcher eine isomorphe Mischung beider Minerale ist.

Digitized by Google

Wegen der grossen Verbreitung sind auch jene Verdrängungen wichtig, welche in einem Absatze von Quarz an Stelle von Kalkspath bestehen. In den Quarzadern der Phyllite und der krystallinischen Schiefer der Alpen ist diese Erscheinung häufig zu beobachten. Auch die Verdrängung von Kalkspath durch Chlorit und andere Silicate ist nicht selten.

In der Ackererde, welche eine bunte Mischung verschiedener fein zertheilter Minerale und organischer Substanzen darstellt, machen sich die Erscheinungen der Verwitterung, Umwandlung und Verdrängung in mannigfacher Weise geltend. Auf die Oxydation und Auslaugung folgt die Einwirkung der gebildeten Lösungen auf die vorhandenen Minerale, wobei schliesslich die schwerstlöslichen

Fig. 349. Fig. 350.



Verticaler Durchschnitt durch den Rudolfi- und Philippistollen. *g* Gneiss, *k* körniger Kalkstein, *e* Eisenspath, *b* Brauneisenerz (Limonit).

Horizontaler Durchschnitt im Philippistollen. *a* Ankerit, den Uebergang von Eisenspath in Kalkspath bildend.

Silicate und Carbonate, andererseits aber leichter lösliche Salze gebildet werden, welche den im Quellwasser enthaltenen entsprechen, ausserdem aber auch Phosphate, Nitrate und organische Salze entstehen. Diese Vorgänge liefern Lösungen, welche der Pflanze einen Theil der Nahrung darbieten.

228. Kreislauf der Stoffe. Mehrere allgemein verbreitete Stoffe bieten das Schauspiel einer beständigen Wanderung und wiederholter Rückkehr zu demselben Zustande, wie wir es beim Wasser am deutlichsten beobachten.

So wie dieses durch die Verdampfung in die Atmosphäre aufgenommen wird, um wieder aus derselben zur Erde zurückzukehren und hier theils direct an die tiefsten Stellen abzufliessen, theils eine Wanderung in der Erdfeste zurückzulegen, um wieder in den Quellen zum Vorschein zu kommen, wie das Wasser hier von Mineralen gebunden, dort von Mineralen abgegeben wird, wie es von Organismen aufgenommen und von diesen theils im Leben, theils nach dem Absterben wieder zurückerstattet wird, so bemerken wir beim Kohlenstoff einen Kreislauf, indem wir erkennen, dass die Kohlensäure aus der Atmosphäre von den Organismen aufgenommen, hierauf theils im Leben, theils nach dem Ab-

Digitized by Google

sterben wieder als Kohlensäure an die Atmosphäre zurückgegeben, theils aber in den fossilen organischen Ueberresten dem Boden einverleibt wird, um erst nach langen Zeiträumen durch Oxydation theilweise an die ursprünglichen Stellen zurückversetzt zu werden.

Ebenso lässt sich beim Sauerstoff in manchen Fällen eine kreisende Bewegung erkennen, da derselbe im Gebiete der Minerale bei Oxydationen aufgenommen und bei folgenden Reductionen wieder ausgeschieden wird, da derselbe ferner durch die Respiration der thierischen Organismen in Kohlensäure übergeführt, hingegen bei dem Lebensprocess der Pflanzen wieder freigemacht und der Atmosphäre wiedergegeben wird. Beim Stickstoff ist gleichfalls ein Kreislauf zu bemerken, dessen längerer Weg innerhalb der Organismen zurückgelegt wird.

Stoffe, welche nicht in den gasförmigen Zustand eintreten, zeigen blos engere Kreise der Verwandlung. Dafür gibt uns das Calcium, wenn es hier aus dem Kalkstein aufgelöst und durch die strömenden Wässer dem Meere zugeführt, dort von den Korallenthieren aufgenommen und wiederum als Kalkstein abgesetzt wird, ein Beispiel. Ebenso Gyps und Steinsalz, welche von den im Meere abgesetzten Schichten in feinen Partikeln eingeschlossen und später nach der Trockenlegung dieser Schichten wieder durch die Wässer ausgelaugt und dem Meere zugeführt werden.

Dieses theilweise Wiederkehren in denselben Zustand ist eine nothwendige Folge der Wanderung der Stoffe durch die verschiedenen möglichen Aggregatzustände und chemischen Verbindungen, also eine Erscheinung, welche den Stoffumsatz auf und in der Erdrinde begleitet, welche aber nur für eine geringe Zahl von Stoffen erweislich ist.

Für die übrigen Stoffe lässt sich blos die Möglichkeit hinstellen, dass in langen Zeiträumen der Erdbildung eine Wiederkehr zum ursprünglichen Zustande eintritt, indem die allgemeine Tendenz, die schwerst löslichen Minerale zu bilden, den sedimentären Schichten viele Verbindungen einverleibt, welche dort eine Rückbildung erfahren können

Lit. über die chem. Veränderungen der Minerale im Grossen in den genannten Werken von Bischof, Groddeck, Volger, Zirkel, Roth, ferner Detmer. Die naturwiss. Grundlagen der Bodenkunde. 1876.

VI. Classification.

229. Vergleichung, Unterscheidung. In ähnlicher Weise, wie wir im gewöhnlichen Leben unsere Erfahrungen im Gedächtnisse aufbewahren und ordnen, sammeln wir auch die Erfahrungen der einzelnen wissenschaftlichen Gebiete und ordnen sie nach bestimmten Regeln systematisch an. Diese Regeln entsprechen den empirischen Gesetzen des Denkens, sie sind logische Regeln, die sich immer gleich bleiben. Die Thätigkeit des Ordnens aber nimmt mit dem Fortschritte der Wissenschaft allmälig andere Formen an. In der naturwissenschaftlichen Classification lassen sich vier Stufen der Entwicklung erkennen:

Digitized by Google

1. Vergleichnng, Unterscheidung, Bezeichnnng,
2. Aufstellung künstlicher Systeme,
3. Bildung des natürlichen Systemes,
4. Darstellung des genetischen Znsammenhanges.

Wenn wir uns Erscheinungen an Mineralen einprägen, so werden wir, so wie bei den Wahrnehmungen des gewöhnlichen Lebens, immer jene Beobachtnngen mit einander verbinden, welche sich auf Körper beziehen, die einander gleich oder ähnlich sind. Da eine vollständige Gleichheit niemals vorkommt, so genügt es, weiterhin blos von Aehnlichkeit zu sprechen. Wir werden demnach, um ein Beispiel zu nennen, alle Eigenschaften, welche seit jeher an Kalkspathstufen beobachtet wurden, mit einander vereinigen, nachdem wir festgestellt haben, dass alle diese Körper ähnlich sind. Die Summe der wahrgenommenen Eigenschaften bilden sodann den Begriff eines Minerales, also hier des Kalkspathes. Ein solcher Begriff soll hier vorläufig als Gattung bezeichnet werdon.

Unsere Thätigkeit bei der Bildung solcher Begriffe ist aber eine zweifache. Wir bemühen uns erstens die Aehnlichkeit zu finden, indem wir die Körper vergleichen und darauf achten, ob in jenen Merkmalen, welche wir nach unserer Erfahrung als wesentliche betrachten, Uebereinstimmung herrscht, mag auch in unwesentlichen Eigenschaften die Uebereinstimmung fehlen. Diese Thätigkeit ist ein Auffassen und Sammeln des Aehnlichen, sie wirkt synthetisch.

Wir sind aber zweitens bemüht, von unserer Aufsammlung alles auszuscheiden, was in den wesentlichen Eigenschaften keine Uebereinstimmnng zeigt, indem wir besonders jene Merkmale prüfen, in welchen häufig Unterschiede gefunden werden. Dieses Aufsuchen der Unterschiede, dieses Absondern dessen, was nicht zu dem Begriffe gehört, ist eine analytische Thätigkeit, welche der vorigen entgegengesetzt ist und ihr zur Controle dient. Wir sind gewöhnt, auf diese mehr absichtliche Thätigkeit das grössere Gewicht zu legen und zu sagen, die Bildnng der Begriffe beginnt mit der Unterscheidung.

Wir fixiren ferner die Begriffe durch die Sprache, indem wir dieselben mit Namen verknüpfen oder, wie man in Kürze sagt, indem wir die Mineralgattungen benennen. Dabei achten wir auf Bestimmtheit des Ausdruckes, indem wir jeder Gattung eine besondere Bezeichnung widmen, so dass niemals zwei wesentlich verschiedene Minerale denselben Namen erhalten.

230. Künstliche Systeme. Für den wissenschaftlichen Verkehr würde es hinreichen, die Gattungen unterschieden und bezeichnet zu haben, wenn nicht die Zahl derselben so zugenommen hätte, dass das Aufsuchen der einzelnen Gattungen sehr erschwert wäre und jede Uebersicht verloren ginge. Hieraus ergibt sich das Bedürfnis einer Gliederung des ganzen Schatzes der Erfahrungen, welche so beschaffen sein soll, dass die Orientirung möglichst erleichtert wird. Diese aufs Praktische gerichtete Eintheilnng wird erhalten, wenn die Gattungsbegriffe gemustert und immer solche zusammengestellt werden, welche in einer bestimmten Beziehung eine Aehnlichkeit darbieten. Die Abtheilungen, welche man so erhält, können als Ordnungen bezeichnet werden.

Digitized by Google

Die Vergleichung und Unterscheidung hat nunmehr einen weiteren Schritt gethan, sie hat den Ueberblick erleichtort und ein Fachwerk angelegt, in welchem die Gattungsbegriffo nach einer bestimmton Regel vertheilt werden. Nach demselben Principe lässt sich abor die Uebersichtlichkeit noch erhöhen, wenn auch die Ordnungen in der vorigen Weise verglichen und schliesslich in Classen eingetheilt werden.

Das Fortschreiten der Classification in diesem Sinne führt sonach zu einem vollständigen System, und zwar zu einem solchen, welches ein künstliches System genannt wird, weil das Princip der Eintheilung ein von vornherein bestimmtes, also gleichsam willkürlich angenommenes ist. Als ein consequent ausgebildetes künstliches System erscheint jenes von Linné, welches die Pflanzen meist nach den Zahlenverhältnissen der Blüthentheile classificirt, ebenso das chemische Mineralsystem von Berzelius, welches die Classification der Minerale nach den chemischen Bestandtheilen durchführt.

Künstliche Systeme bieten dem Anfänger eine grosse Bequemlichkeit, weil derselbe ohne eine genauere Kenntnis der Gattungen vorgehen und blos mit Hilfe des gegebenen Eintheilungsprincipes die Gattungen auffinden, ebenso die erkannten Gattungen einreihen kann. Dem erfahrenen Forscher hingegen ist ein künstliches System ein blosser Nothbehelf, dessen er sich dort bedient, wo die Classification bisher zu keiner höheren Stufe gelangt ist.

231. Natürliches System. Die Vermehrung der Gattungsbegriffe regt auch ein wissenschaftliches Bedürfnis an, welches darauf beruht, dass wir uns im Allgemeinen gedrängt fühlen, den Zusammenhang, welcher unserem Denken eigenthümlich ist, in die Aussenwelt zu versetzen, folglich überall einen Zusammenhang anzunehmen. Nachdem also die zahlreichen Gattungen scharf unterschieden sind, macht sich das Streben geltend, den Zusammenhang derselben wieder kenntlich zu machen nnd dieselben so anzureihen, dass durch die Znsammenstellung alle natürlichen Beziehungen offenbar werden.

In diesem Falle wird nicht die Aehnlichkeit in einer voraus bestimmten Hinsicht an den Gattungen durchgeprüft, sondern die Gattungen werden so gruppirt, dass sich jene zusammenfinden, welche in allen ihren Eigenschaften Aehnlichkeiten und Beziehungen erkennen lassen, und beim Zusammenfassen jeder Gruppe wird auf jene Eigenschaft das Hauptgewicht gelegt, welche gerade in diesem Bereiche den Zusammenhang begründet. Jede Gruppe hat also ihre eigene Classification, welche sich aus ihrer inneren Beschaffenheit ableitet.

Ein solches System, welches gleichsam von innen heraus aufgebaut wird, heisst ein natürliches System. In jedem Wissensgebiete ist nur ein einziges natürliches System möglich, wenngleich die Aufeinanderfolge der Gruppen von verschiedenen Autoren verschieden dargestellt wird.

In der Mineralogie kennen wir bereits eine ziemlich grosse Anzahl solcher Gruppen, wie die Feldspathe, Glimmer, Chlorite, Zeolithe, Fahlerze, Vitriole u. a. Sie finden sich z. Th. schon in den Systemen von Mohs und Breithaupt, obwohl

diese einseitig gebildet sind, indem die chemische Beschaffenheit unberücksichtigt blieb.

Für den Anfänger und für diejenigen, welche sich blos mit einem Theile der Wissenschaft beschäftigen, hat das natürliche System seine Schwierigkeiten, weil dasselbe schon eine genauere Kenntnis der Gattungen voraussetzt und weil die Abgrenzung der Gruppen, da sie keine willkürliche ist, auch keine scharfe sein kann. Dem geübten Forscher hingegen eröffnet die Auffindung jeder natürlichen Gruppe einen Einblick in das Gefüge der Natur, welches ihm grosse Befriedigung schafft und neue Mittel der Forschung verräth.

Lit. Mohs, Naturgesch. des Mineralreiches. Bd. I (1836), pag. 315, Whewell, Geschichte der inductiven Wissenschaften, übers. von J. v. Littrow, 3. Theil (1841), pag. 213. Kobell, Geschichte der Mineralogie, 1864. Mill, System der deduct. u. inductiven Logik, übersetzt von Schiel, Bd. II (1863), pag. 262 u. f.

232. Genetische Anordnung. Die Betrachtung der Natur, welche dem natürlichen und allen künstlichen Systemen zu Grunde liegt, ist blos auf den gegenwärtigen Zustand der Dinge, blos auf das Sein gerichtet, und jene Systeme stellen die einzelnen Minerale, so wie die Gattungen, Gruppen etc. gleichsam blos räumlich zusammen. Da wir aber beim Sammeln der Erfahrungen diese auch beständig nach der Zeitfolge anordnen, so fühlen wir uns genöthigt, überall auch einen zeitlichen Zusammenhang anzunehmen. Die zeitliche Aufeinanderfolge der Erscheinungen wird uns aber erst dann begreiflich, wenn sie mit unserer eigenen Willensfolge übereinstimmt oder, wie man zu sagen pflegt, wenn sie dem Princip der Causalität entspricht. Wir suchen daher die Erscheinungen in der Folge von Ursache und Wirkung anzuordnen, so dass jeder Zustand sich mit Nothwendigkeit aus dem früheren ergibt.

In diesem Sinne können wir uns auch die einzelnen Minerale so angeordnet denken, dass jedem Minerale, welches von primärer Bildung ist, die daraus hervorgehenden secundären Minerale beigefügt werden. Es ist aber die Frage, ob diese Anordnung zu einer übersichtlichen Classification führen würde.

Wenn ein Mineral aus einem früher gebildeten hervorgeht, so ist das Verhältnis der beiden von zweierlei Art: 1. Das neue Mineral ist dieselbe Substanz wie das alte, besitzt jedoch in Folge der Umbildung meist eine etwas andere Form oder Textur. So z. B. entsteht aus dem dichten Kalkstein krystallinischer Kalkspath. In diesem Falle ist das secundäre Mineral mit dem primären wesentlich gleich und es besteht kein Zweifel darüber, dass die beiden Minerale zusammengeordnet werden müssen. 2. Das neue Mineral ist von dem alten substanziell verschieden. Bei der Umbildung haben fremde Substanzen eingewirkt und ein Product geschaffen, welches mit dem ursprünglichen Minerale keine Aehnlichkeit besitzt. So z. B. entsteht aus dem Eisenspath durch Einwirkung von Sauerstoff und Wasser ein Limonit. In solchem Falle besteht zwischen der primären und der secundären Bildung blos ein entfernter Zusammenhang, weil neue Stoffe eintreten. Man gelangt also hier bei der Betrachtung der genetischen Folge aus der Hauptreihe in eine Nebenreihe. So lange aber die Classification in der Form

einer einzigen Reihe fortschreitet, kann der letztere genetische Zusammenhang in derselben nicht zum Ausdrucke kommen.

Somit ist es klar, dass bei der Classification blos jene genetische Verbindung berücksichtigt werden kann, welche zwischen Mineralen von gleicher Substanz besteht. Minerale aber, welche gleich zusammengesetzt sind, besitzen gewöhnlich auch dieselben wesentlichen Eigenschaften, daher die Uebereinstimmung in dieser Beziehung als Grundlage der Eintheilung anzunehmen ist.

233. Wesentliche Eigenschaften. Bei der ersten Eintheilung der Minerale wählt man als Merkmale jene Eigenschaften, von welchen die meisten anderen abhängen, welche also das Wesen des Minerales begründen: es sind die chemischen, die substanziellen Eigenschaften. Diese selbst sind aber nach der heutigen Anschauung wieder abhängig: 1. von der Art und dem Mengenverhältnis der enthaltenen Grundstoffe oder der empirischen Zusammensetzung; 2. von der Lagerung der kleinsten Theilchen, der rationellen Zusammensetzung oder chemischen Constitution. Das mehr direct Erkennbare ist aber die empirische Zusammensetzung, daher dieselbe die erste Grundlage der Unterscheidung bildet.

Von der empirischen Zusammensetzung hängt erstlich das chemische Verhalten jedes Minerales ab. Jeder Unterschied, welcher hier stattfindet, bedingt eine durchgreifende chemische Verschiedenheit, welche gewöhnlich schon durch einfache Versuche constatirt werden kann. Jeder einfache Stoff und jede chemische Verbindung hat einen bestimmten, scharf umschriebenen Charakter, daher die chemischen Merkmale im Principe keine graduellen, sondern immer totale Unterschiede angeben. Von der empirischen Zusammensetzung hängen aber auch bis zu einem gewissen Grade die physikalischen Eigenschaften ab, wie das specifische Gewicht, die Härte, die Art des Glanzes, bei den idiochromatischen oft die Farbe. Auch die Krystallform ist theilweise davon abhängig, was die Thatsachen der Isomorphie genügend andeuten. Diese Abhängigkeit ist zwar nur eine bedingte, weil noch andere Momente mitwirken, aber die Hauptrolle spielt hier überall die chemische Zusammensetzung.

Die zweite Grundeigenschaft, von der wiederum viele andere abhängen, ist die Art der Krystallisation oder überhaupt des Aggregatzustandes. Der Krystallbau der Individuen bedingt alle jene Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften, welche an Richtungen geknüpft sind, also die Verschiedenheiten der äusseren Form, wenn diese zur Ausbildung gelangt ist, ferner jene der Cohäsion, der Lichtbrechung, Absorption, überhaupt des optischen Verhaltens, ebenso des thermischen, magnetischen Verhaltens u. s. w. Auch das specifische Gewicht ist theilweise von der Krystallisation abhängig, wie es die Unterschiede des specifischen Gewichtes heteromorpher Minerale darthun.

234. Gattung und Art. Die Vereinigung der Minerale von gleichen wesentlichen Eigenschaften führt zu Begriffen, die gegen einander scharf abgegrenzt sind und zwischen welchen im Principe keine Uebergänge stattfinden. Für einen solchen Begriff hätte man praktischer Weise den Ausdruck Gattung

zu gebrauchen, für die Abtheilungen derselben, zwischen welchen Uebergänge stattfinden können, die Bezeichnung Art. Dies wird auch in der Folge hier geschehen[1]), daher z. B. der Quarz, der Hämatit als Gattungen bezeichnet werden, der Amethyst, der Porphyrquarz als Arten des Quarzes, der vulkanische Eisenglanz, der rothe Glaskopf als Arten des Hämatits angeführt werden

Eine Mineralgattung ist sonach der Inbegriff aller jener Minerale, welche in der chemischen Zusammensetzung und in der Krystallisation übereinstimmen. Jede Gattung ist demnach eine besondere Substanz oder sie ist eine besondere Krystallisation derselben Substanz. Die Gattung ist ein für jede Art der Systematik, für die künstliche und die natürliche Anordnung gleich brauchbarer Begriff, auch für die genetische Anordnung bietet derselbe eine sichere Grundlage, da eine bestimmte chemische Verbindung nur aus einem bestimmten Mengenverhältnis bestimmter Grundstoffe hervorgegangen sein kann, da ferner auch bei den polymorphen Substanzen jede Krystallisation scharf normirt und oft mit einer bestimmten Entstehungsweise verknüpft ist.

Bei der praktischen Unterscheidung der Gattungen wird man es aber nicht nöthig haben, jedesmal die chemische Zusammensetzung zu ermitteln, sondern es wird genügen, solche Minerale als eine Gattung zusammenzufassen, welche sowohl in der Krystallform, als auch in jenen physikalischen Eigenschaften, die nicht geradezu von der Form abhängig sind, also in der mittleren Härte, dem specifischen Gewichte etc. übereinstimmen, denn diese Eigenschaften sind sämmtlich Folgen einer bestimmten chemischen Zusammensetzung. Was aber in den Folgen übereinstimmt, muss auch in der Ursache übereinstimmen.

Die Unterabtheilung der Gattung in Arten muss einem anderen Principe folgen. Da wir wissen, dass dieselbe chemische Verbindung auf sehr verschiedenen Wegen entstehen kann, so wird es zunächst die verschiedene Art der Bildung sein, welche einen ferneren Eintheilungsgrund darbietet.

Unter einer Mineralart werden demnach hier jene Minerale verstanden, welche derselben Gattung angehören und auch die gleiche Bildungsweise erkennen lassen. Die Bildungsweise kann allerdings nur in wenigen Fällen direct beobachtet werden. Doch wissen wir nach vielen Erfahrungen, dass jede Bildungsweise dem Mineral eine ziemlich bestimmte Textur oder äussere Ausbildung verleiht **(204)**. Demgemäss hat man schon anfänglich durch den gewöhn-

[1]) Es ist dies eine Neuerung, die für Niemand störend sein wird, welche aber, wenn auch nicht jetzt, so doch vielleicht in späterer Zeit eine allgemeinere Aufnahme finden dürfte, sobald die Forschung der naturgeschichtlichen Behandlung unserer Wissenschaft wieder eine grössere Aufmerksamkeit zuwendet und die Bezeichnung der Abtheilungen conform derjenigen gestaltet, welche in den übrigen Theilen der Naturgeschichte seit jeher üblich ist. Bisher nannte man in der Mineralogie dasjenige, was hier Gattung genannt wird, Species. Eine Gattung gab es nicht, oder es wurden, um Gattungen zu bilden, sehr differente Minerale zusammengestellt, z. B. der Anhydrit und der Kryolith in dem Mohs'schen Systeme. Dagegen pflegte man dasjenige, was hier Art genannt wird, als Varietät zu benennen. Die Folge davon war, dass man die „Varietäten" geringschätzig behandelte und glaubte, dass deren Unterschiede, welche meist genetischen Ursprunges sind, nichts zu bedeuten haben.

lichen Sprachgebrauch viele der Arten ganz gut unterschieden. Beispiele sind Kalksinter, Schaumkalk, Bergmilch, Kreide, welche alle zur Gattung Kalkspath gehören.

Die Unterscheidung der Arten erfolgt also nach der typischen Krystallausbildung, nach der Textur, der Aggregation, der äusseren Form der Aggregate etc., wofern sich darin eine Verschiedenheit der Bildung ausspricht. Hausmann hat zuerst auf diese Unterabtheilung der Gattungen aufmerksam gemacht und dafür den Ausdruck Formation gebraucht, ohne jedoch die genetische Bedeutung anzuerkennen.

Weil die Umstände der Bildung im Principe keine scharfe Trennung erlauben, so werden öfters Uebergänge zwischen jenen Abtheilungen, die als Arten bezeichnet werden, bemerklich sein.

An vielen Arten lassen sich noch Unterschiede wahrnehmen, welche mehr zufällig sind, so z. B. Verschiedenheiten der Farbe, untergeordnete Verschiedenheiten der Form etc. Man kann daher auch noch Varietäten unterscheiden, wie z. B. an der Art Amethyst den pyramidal ausgebildeten, den rhomboëdrisch aussehenden, den violetten, den farblosen etc.

Lit. Beudant, Traité elem de minéralogie, Paris 1824. Hausmann, Handb. d. Mineralogie, Bd. I (1828). Naumann, Jahrh. f. Min., 1844, pag. 641. Mill, Logik, Bd. I.

235. Classification der Mischungen. Die Mischkrystalle und die isomorphen Mischungen überhaupt liefern einen Fall, in welchem die scharfe Begrenzung der Gattung aufhört und eine mehr willkürliche Eintheilung platzgreift. Da man erst allmälig zur Kenntnis dieser Mischungen gelangte, so befolgt die Classification derselben kein voraus bestimmtes Princip, sondern ist mehr von dem Herkommen abhängig. Isomorphe Reihen, welche Mischungen zweier Substanzen sind, erfahren gewöhnlich eine Dreitheilung. So nennt man die Verbindung $Mg_2\,SiO_4$ Forsterit, die Verbindung $Fe_2\,SiO_4$ Fayalit und die isomorphen Mischungen beider Olivin. Mischungen von mehr als zwei Verbindungen sind schwierig zu classificiren. Dies zeigt sich beim Pyroxen, Glimmer etc. Hier werden zuerst jene Minerale als Gattungen herausgehoben, die am wenigsten gemischt erscheinen, und die übrigen nach Thunlichkeit unterschieden.

Die amorphen Minerale sind gewöhnlich Mischungen, jedoch keine gesetzmässigen, wie die zuvor genannten, sondern sie enthalten oft sehr ungleichartige Verbindungen. Die Classification ist hier besonders schwierig. Beispiele dieser Art sind die Harze und Kohlen.

236. Gruppirung der Gattungen. Bei der Aufstellung der Gattungen ist die Gleichheit der wesentlichen Eigenschaften erforderlich; bei der Zusammenfassung der Gattungen zu höheren Einheiten kann hingegen blos die Aehnlichkeit jener Eigenschaften massgebend sein. Die Grundlage dieser Aehnlichkeit liefern wieder in erster Linie die chemischen Eigenschaften, welche von der empirischen Zusammensetzung und der chemischen Constitution abhängen.

Die Aehnlichkeit der empirischen Zusammensetzung ist oft eine leicht bemerkliche, daher ist es z. B. naheliegend, analoge Salze derselben Säure, wie die Minerale Anhydrit $CaSO_4$, Cölestin $SrSO_4$, Baryt $BaSO_4$, zu einer Gruppe zusammenzustellen. Nunmehr ist aber auch auf die chemische Constitution Rücksicht zu nehmen, denn es kommt häufig vor, dass Minerale, welche in der Zusammensetzung analog sind, in dem chemischen Verhalten sich unterscheiden, so dass trotz jener Analogie eine Verschiedenheit in dem Aufbau der Molekel aus Atomen anzunehmen ist. Ein Beispiel geben Quarz, welcher Siliciumdioxyd SiO_2 ist, und Pyrolusit, welcher Manganhyperoxyd MnO_2 darstellt. Die Formeln haben wohl etwas Analoges, aber das chemische Verhalten der beiden Substanzen ist total verschieden. Man schreibt daher diesen beiden Mineralen eine sehr verschiedene Constitution zu und findet diesen Schluss durch die grosse physikalische Verschiedenheit derselben bestätigt. Quarz und Pyrolusit werden daher nicht in einer natürlichen Gruppe vereinigt werden dürfen.

Es würde nicht selten schwierig sein, auf das gesammte chemische Verhalten, nach welchem die Constitution beurtheilt wird, zurückzugehen, weil viele Minerale nicht so genau geprüft sind. Da wir aber aus vielen Erfahrungen wissen, dass Minerale ähnlicher Constitution auch immer physikalisch ähnlich sind, so benutzen wir wiederum die Folge statt der Ursache und berücksichtigen bei der Anfstellung der Gruppen auch die physikalischen Eigenschaften der Minerale. Von chemisch analogen Verbindungen werden daher nur jene zu einer Gruppe vereinigt, welche auch physikalisch ähnlich sind. So z. B. werden die Minerale Calcit, Dolomit, Magnesit etc. (pag. 251) als eine natürliche Gruppe angesehen, weil sie nicht nur gleichartige Carbonate, sondern auch physikalisch sehr ähnlich sind. Dagegen wird man von den drei Mineralen: Pyrit FeS_2, Markasit FeS_2 und Hauerit MnS_2 das letztere, welches trotz der Analogie, ja der Isomorphie mit Pyrit im chemischen Verhalten und demzufolge in den äusseren Eigenschaften verschieden ist, von den beiden anderen trennen müssen.

Der Pyrit ist hellfarbig, metallisch, etwas härter als Feldspath, durch Salzsäure fast gar nicht zersetzbar; der Hauerit ist dunkelbraun, unmetallisch, zeigt Flussspathhärte und ist durch Salzsäure zersetzbar. Wenn man berücksichtigt, dass das Eisen ein spec. Gewicht von 7·7, das Mangan $s = 8$ besitzt, so würde man, wenn beide Minerale ganz gleichartig wären, für den Hauerit ein etwas höheres spec. Gewicht erwarten, als für den Pyrit. Thatsächlich ist aber für Pyrit $s = 5·1$, für Hauerit $s = 3·46$. Die Substanz des Pyrits erscheint demnach in Bezug auf den isolirten Zustand der Elemente viel mehr condensirt, als jene des Hauerits. Dieses Beispiel zeigt, dass die Unterscheidung zwischen der Constitution der Kiese (Pyrit) und der Blenden (Hauerit) eine Berechtigung hat.

237. Mineralgattungen, welche durch isomorphe Mischungen zusammenhängen, so dass Uebergänge zwischen denselben stattfinden, werden sammt den Mischungen als natürliche Gruppen angesehen, auch wenn die Endglieder keine gleiche chemische Constitution besitzen. Beispiele sind die Feldspathe, die Glimmer. Dagegen ist die Isomorphie allein, wenn sie Gattungen von verschiedener chemischer Beschaffenheit umfasst, die sich nicht mischen, für die Classification bedeutungslos. Beispiele sind die isomorphen Minerale Calcit $CaCO_3$ und Natrinmsalpeter $NaNO_3$.

Mineralgattungen, welche nach ihren wesentlichen Eigenschaften zusammengehörig erscheinen, sind auch in den übrigen Eigenschaften ähnlich, ferner zeigen dieselben auch in genetischer Hinsicht Aehnlichkeiten und Beziehungen, daher die Classification nach natürlichen Gruppen die Kenntnis des Zusammenhanges der Minerale wesentlich fördert.

238. Ordnungen und Classen. Beim Fortschreiten der Classification werden die Gruppen zu Ordnungen vereinigt, schliesslich die Ordnungen zu Classen zusammengestellt, wobei Aehnlichkeiten und Beziehungen höheren Grades in Betracht kommen. Die Aehnlichkeiten können hier nur entferntere sein, und es kann sich hier nur um solche allgemeine Ideen von Aehnlichkeit handeln, welche sich bei der Auffindung der Gruppen als massgebend herausgestellt haben. Diese Ideen sind aber bisher noch wenig entwickelt. Da nämlich die Auffindung natürlicher Gruppen erst allmälig fortschreitet, folglich viele Mineralgattungen bisher vereinzelt bleiben, so ist auch die Bildung höherer classificatorischer Einheiten bis jetzt noch nicht soweit gelungen, dass ein System erkannt worden könnte, welches mit Recht ein natürliches zu nennen wäre. Die natürliche Classification hört also gegenwärtig bei den Gruppen auf und macht von hier ab einer künstlichen Eintheilung Platz, bei welcher die Aehnlichkeit in der empirischen Zusammensetzung der Minerale als Princip gilt. Man begnügt sich daher gegenwärtig mit einer Anordnung nach zweierlei Grundsätzen (gemischtes System), indem dio niederen systematischen Einheiten einer natürlichen Classification entsprechend gebildet sind, die höheren aber eine mehr künstliche Eintheilung darstellen.

239. Chemische Classification. In der Mehrzahl der neueren Werke, die eine Anordnung der Mineralgattungen enthalten, herrscht eine Classification, welche sich an die von Berzelius eingeführte Reihung nach dem „elektronegativen Princip" anschliesst. Die Classen sind: Einfache Stoffe, Sulfide, Oxyde u. s. w. Innerhalb der Classen werden gewöhnlich die Gattungen so angereiht, dass jene, welche einfachere Verbindungen sind, vorausgehen, übrigens aber diejenigen von analoger empirischer Zusammensetzung aufeinander folgen. In solcher Weise wird nach dem Vorgange von G. Rose auch die Isomorphie möglichst berücksichtigt.

Diese Classification erfolgt nach einem im voraus bestimmten Principe und verfährt einseitig, da sie blos auf die empirische Zusammensetzung Rücksicht nimmt, alle übrigen Eigenschaften und Beziehungen aber ausser Betracht lässt. Die Aehnlichkeit, welche die üblichen Formeln ergeben, trifft aber blos einen Theil des Wesens der Minerale, weil die empirische Zusammensetzung blos einen Theil der Eigenschaften begründet. Jede solche Eintheilung ist demnach eine künstliche, sie dient aber auch nur als zeitweiliges Auskunftsmittel, als ein chemisches Register, welches den Ueberblick erleichtert und so lange seine Dienste leistet, bis es gelingt, eine mehr natürliche Anordnung zu finden.

Die chemische Classification hängt selbstverständlich von dem jeweiligen Zustande der Chemie ab. Solange hier die von Berzelius aufgestellten Principien

herrschten, behielt auch das chemische System der Minerale seine frühere Gestalt. Seitdem aber in dem theoretischen Theile des chemischen Gebietes bedeutende Veränderungen eintraten, änderte sich auch die Auffassung chemischer Aehnlichkeit, und diese wird eine fernere Wandelung erfahren, wenn die Classification der Grundstoffe, die erst in der letzten Zeit in Angriff genommen wurde, weiter entwickelt sein wird. Diese ordnet die Elementarstoffe nach den Atomgewichten und dem Maximum der Valenz in Reihen, so dass diese Zahlen periodisch aufeinanderfolgen.

Als Andeutung dieser Classification sollen hier die Namen der Elemente, ausgedrückt durch die chemischen Symbole[1]), in ähnlicher Weise, wie dies von L. Mayer und Mendelejeff geschehen ist, in einer Tafel zusammengestellt werden:

	1	2	3	4	5	6	7	8		
1. S	H									
	Li	Be	B	C	N	O	F			
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl			
2. S	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	—	Ru	Rh	Pd
	Cs	Ba	La	Ce, Th	Di, Ta	W, U	—	—	—	—
3. S	Cu	Zn	Ga	—	As	Se	Br	Os	Ir	Pt
	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J			
	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	—	—			

Die in derselben Verticalreihe stehenden Zeichen geben chemisch ähnliche Grundstoffe an, dieselben werden durch horizontale Striche in drei Serien zunächst verwandter Elemente abgetheilt. In der letzten Reihe (Reihe 8) herrscht auch Aehnlichkeit der horizontal neben einander gestellten Grundstoffe. Ueber die Stellung einiger Elemente, wie Cu, Au etc., herrscht noch nicht völlige Sicherheit.

Lit. G. Rose, das krystallo-chemische Mineralsystem, 1852. J. Dana, System of Mineralogy. Naumann-Zirkel, Elemente der Mineralogie. Groth, Tabellarische Uebersicht der Mineralien, 1882. L. Mayer, Die modernen Theorien der Chemie. Mendelejeff, Chemical News, Bd. 41. Berichte d. d. chem. Ges. 1881, pag. 2822.

240. Anordnung im speciellen Theile. Der gegenwärtigen Uebung und zugleich der zuletzt genannten Classification der Elemente gemäss wird im folgenden speciellen Theile nachstehende Anordnung befolgt werden. Den Abtheilungen wurden Namen gegeben, jedoch nicht um das Ganze als ein System erscheinen zu lassen, was es nicht beansprucht, sondern blos, um später die langen Definitionen zu ersparen.

[1]) Vergl. pag. 233.

I. Classe: Elemente. Die Metalle und Metalloide umfassend.
II. „ Lamprite. Verbindungen der Stoffe ans der 5. u. 6. Reihe (ausgenommen O) mit Metallen, also Sulfide, Arsenide, Sulfosalze etc.
III. „ Oxyde. Einfache Oxyde und Hydroxyde, sowie einige verwandte Verbindungen.
IV. „ Spinelotype. Salzartige Verbindungen, von Hydroxyden der 3. Reihe abgeleitet.
V. „ Silicotype. Salze, von Sauerstoffsäuren der 4. Reihe abgeleitet.
VI. „ Nitrotype. Salze, von Sauerstoffsäuren der 5. Reihe abgeleitet.
VII. „ Gypsotype. Salze von Sanerstoffsäuren der 6. Reihe abgeleitet.
VIII. „ Halite. Sauerstofffreie Verbindnngen der Stoffe aus der 7. Reihe mit den übrigen, also Fluoride, Chloride etc
IX. „ Anthracide. Verbindungen des Kohlenstoffes mit Wasserstoff oder mit diesem und Sauerstoff, sowie abgeleitete Verb.

Jede Classe wird nun wieder in Ordnungen abgetheilt, wobei wenigstens einigermassen auf die physikalischen Eigenschaften Rücksicht genommen ist, zuweilen auch die Consequenz der chemischen Anordnung durch Theilung der sonst unverhältnissmässig grossen Ordnungen nnd durch Zusammenziehung der spärlich besetzten durchbrochen erscheint.

Uebersicht der Ordnungen.

I. Elemente.

Metalloide:	Elemente der 1. Serie.	Repräsentant: Diamant.
Sprödmetalle:	„ „ 5. u. 6. Roihe.	„ Antimon.
Schwermetalle:	„ „ 2. u. 3. Serie.	„ Gold.

II. Lamprite.

Kiese: Verbindungen der Metalle der 8. Reihe. Repr.: Pyrit, Speiskobalt.
Glanze: Verbindungen der 3. Serie. Repr.: Bleiglanz, Antimonit.
Fahle: Sulfosalze. Repr.: Bournonit, Fahlerz.
Blenden: Verb. der Metalle aus der 2. nnd 7. Reihe Repr.: Zinkblende.

III. Oxyde.

Hydroite: Repr.: Meerwasser, Eis.
Leukoxyde: Verb. der 1. Serie. Repr.: Korund, Quarz.
Stilboxyde: Verb. der 2. und 3. Serio. Repr.: Rutil, Zinnstein.
Ocher: Verb. der 5. und 6. Reibo Repr.: Antimonocher.
Erze: Verb. der 7. nnd 8. Reihe. Repr.: Eisenglanz, Magnetit.

IV. Spinelotype.

Aluminate: Repr.: Spinell.
Borate: Repr.: Boracit.

V. Silicotype.

Carbonate: Repr.: Kalkspath, Cerussit, Malachit.
Silicide: Harte Silicate. Repr.: Olivin, Augit, Orthoklas, Lencit.
Hydrosilicate: Weiche, wasserhaltige Silicate. Repr.: Muscovit, Analcim, Serpentin.
Titanolithe: Repr.: Titanit, Perowskit.

Digitized by Google

VI. Nitrotype.

Tantaline: Repr.: Tantalit.

Pharmakonite: Repr.: Mimetesit, Kobaltblüthe, Vanadinit.

Phosphate: Repr.: Apatit, Wawellit, Vivianit.

Nitrate: Repr.: Natronsalpeter.

VII. Gypsotype.

Sulfate: Repr.: Baryt, Anhydrit, Gyps, Eisenvitriol.

Chromate: Repr.: Rothbleierz.

Tungsteine: Repr.: Scheelit, Wulfenit.

VIII. Halite.

Kerate: Verb. der 3. Serie. Repr.: Chlorsilber.

Halate: Verb. der 1. u. 2. Serie. Repr.: Steinsalz, Carnallit.

Fluoride: Repr.: Fluorit.

IX. Anthracide

Carbonsalze: Repr.: Mellit

Harze: Repr.: Bernstein, Retinit.

Kohlen: Repr.: Steinkohle.

Bitume: Repr.: Asphalt, Erdöl.

241. Charakteristik. Die Angabe der Merkmale, die allen Mineralen derselben Classe zukommen, liefert die Definition dieser Classe. Ebenso gibt die Aufzählung der Merkmale, in welchen die Minerale einer Ordnung übereinstimmen, die Definition dieser Ordnung u. s. w. Eine solche Definition pflegt man als Charakteristik zu bezeichnen, und man unterscheidet demnach die Charakteristik der Classe, der Ordnung, der Gattung etc. Bei der systematischen Beschreibung der Minerale folgen die Definitionen in logischer Unterordnung, so dass man im Stande ist, mit Hilfe derselben zu ermitteln, zu welcher Classe und Ordnung, endlich zu welcher Gattung und Art ein vorliegendes Mineral gehört, dass man also im Stande ist, ein vorliegendes Mineral zu bestimmen.

Ein natürliches System würde eine vollständige Charakteristik erlauben, doch bei der gegenwärtigen provisorischen Anordnung wäre es verfrüht, eine solche durchgreifende Charakteristik geben zu wollen, und es concentrirt sich alle Sorgfalt auf die Charakterisirung der Gattungen. In ausführlichen Werken, welche zur Bestimmung dienen, werden daher die wesentlichen Eigenschaften vollständig und genau beschrieben, so dass jede Mineralgattung vollkommen scharf definirt erscheint. Bei den Ordnungen und Classen, welche nach der chemischen Zusammensetzung aufgestellt sind, ist die kurze chemische Definition hinreichend. So z. B. genügte es, für eine bestimmte Ordnung anzugeben, dass die darin enthaltenen Minerale Carbonate sind, weil jedes der zugehörigen Minerale durch den Versuch als ein Carbonat erkannt werden kann. Ebenso ist es bei der Ordnung der Phosphate, weil die hier verstandenen Minerale durch Versuche als solche erkannt werden können, u. s. w.

Da nun derlei chemische Versuche oft aus mehreren Operationen bestehen, welche ein grösseres Geschick und längere Zeit beanspruchen, so bestimmt man

die Minerale gewöhnlich nicht nach der Charakteristik, sondern auf einem kürzeren, mehr empirisch gebahnten Wege, wozu die eingangs erwähnten Werke anleiten. Ist man jedoch auf diesem Wege zur Gattung gelangt, so wird man in jedem Falle die Charaktere derselben durchnehmen und möglichst viele Merkmale nachzuweisen trachten, um der Bestimmung alle Sicherheit zu verleihen.

242. Nomenclatur. Die Bezeichnung der Classen, Ordnungen und Gruppen ist bei den verschiedenen Autoren nicht immer dieselbe, weil die Classification im Allgemeinen und die Abgrenzung dieser Begriffe im Besonderen grosse Verschiedenheiten zulässt. Anders ist es bei der Gattung, deren Auffassung und Abgrenzung überall dieselbe ist. Hier herrscht gegenwärtig Einheit und Gleichförmigkeit der Nomenclatur, indem jede Gattung mit einem einzigen Worte bezeichnet wird.

Die Namen der Gattungen sind aus verschiedenen Sprachen entnommen, doch wurden sehr viele derselben der griechischen Sprache gemäss mit dem Ausgange it gebildet. Manche sind althergebrachte Bezeichnungen, wie Diamant, Quarz, Gyps. Viele sind von Personennamen abgeleitet, wie Hauyn, Wernerit, Klaprothit, Göthit, Haidingerit, auch von mythologischen Namen hergenommen, wie Pollux, Thorit; andere sind nach Fundorten gebildet, wie Atacamit, Aragonit, Ardennit, Vesuvian.

Häufig sind solche Namen, welche auf die chemische Zusammensetzung hindeuten, wie Sodalith, Manganit, Polyhalit (πολύς viel und ἅλς Salz, aus mehreren Salzen bestehend), oder solche, die sich auf das chemische Verhalten beziehen, z. B. Eulytin (εὔλυτος leicht löslich, nämlich in Säuren), Pyrochlor (πῦρ Feuer und χλωρός grün, weil er eine grüne Phosphorsalzperle gibt). Manche Namen deuten die allgemeine Gestalt der Krystalle an, wie Skapolith (σκᾶπος Stängel), Sphen (σφήν Keil), Axinit (ἀξίνη Beil); andere die Aggregation oder Textur, wie Fibrolith (fibra Faser, λίθος Stein), wieder andere die Spaltbarkeit, wie Orthoklas (ὀρθός rechtwinkelig, κλάω spalte), Plagioklas (πλάγιος schräge). Viele Namen wurden durch die Farbe veranlasst, wie Albit (albus weiss), Leucit (λευκός weiss), Rutil (rutilus röthlich), Rhodonit (ῥόδον Rose), Melanit (μέλας schwarz).

Auch verschiedene Aehnlichkeiten, Beziehungen und Anspielungen mussten zuweilen helfen, wie beim Saponit oder Seifenstein, beim Apatit (ἀπατάω täusche, weil man ihn mit anderen Mineralen verwechselt hatte).

Mehrfache Bezeichnung derselben Gattung kömmt zuweilen vor, doch ist die Zahl der Synonymen nicht sehr gross. J. Dana hat eine sorgfältige Prüfung derselben vorgenommen und die richtige Bezeichnung ermittelt.

Die Nomenclatur der Arten ist noch nicht ausgebildet. Manche Arten werden mit einem einzigen Worte bezeichnet, weil dafür hergebrachte Namen vorhanden sind, wie Kieselsinter, Kreide, Amethyst, oder weil man sie früher für Gattungen hielt, wie Sanidin, Periklin, Damourit, meistens aber gibt es keine kurze Bezeichnung der Art. Man ist daher genöthigt, wenn eine Art hervorgehoben werden soll, dem Gattungsnamen ein Wort beizufügen, welches die charakteristische

Eigenschaft oder das auszeichnende Vorkommen angibt. Beispiele dafür sind: körniger Baryt, Fasergyps, erdige Kupferlasur, Porphyrquarz. Zuweilen muss man die Art durch eine längere Angabe hervorheben, z. B. Malachit, pseudomorph nach Atacamit.

Lit. Haidinger, Handbuch der bestimmenden Mineralogie. 1845. v. Kobell, Die Mineralnamen und die mineralogische Nomenclatur. 1853. J. Dana, System of Mineralogy, Introduction. Ueb. die Arten (Formationen). Hausmann, Handb. d. Min., Bd. I.

Digitized by Google

Specieller Theil.

Der hier eröffnete zweite Theil des Buches enthält die Beschreibung der wichtigeren Mineralgattungen, welche den Zweck hat, auf jene Wesen des Mineralreiches aufmerksam zu machen, welche in der Natur eine hervorragende Rolle spielen, ferner deren Eigenschaften und Beziehungen, deren Auftreten und Bildungsweise kennen zu lehren, um so an mehreren Beispielen die hentige Auffassung der Naturgeschichte dieses Reiches darzustellen. Dieses Ziel würde zwar durch die Besprechung einer geringeren Anzahl von Mineralen erreicht; um jedoch auch denjenigen, welche sich etwas eingehender mit der Mineralogie zu befassen gedenken, einen Leitfaden zu bieten, ist der Kreis der Beispiele weiter hinausgerückt worden. Um endlich denjenigen, welche über eine Sammlung verfügen, auch die Stellung der selteneren Minerale anzudeuten, sind die genauer bekannten Gattungen von geringerer Verbreitung in kleinerem Drucke angeführt. Für alle weiter gehenden Studien dienen die eingangs erwähnten Handbücher und Uebersichten von Dana, Descloizeaux, Miller, Quenstedt, Naumann-Zirkel, Groth, Rammelsberg, für die Bildungsgeschichte die Werke von Bischof, Blum. Roth, für die Verbreitung die Werke von Zirkel über Petrographie, von Groddeck über Erzlagerstätten, ferner für die Aufsuchung der Fundorte ausser den erstgenannten Handbüchern: G. Leonhard, Handwörterbuch der topographischen Mineralogie. 1843. V. v. Zepharovich, Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich. I. Bd. 1859, II. Bd. 1873. Kenngott, Die Minerale der Schweiz. 1866. Frenzel, Mineralog. Lexicon für das Königreich Sachsen. 1874. Greg and Lettsom, Manual of the Mineralogy of Great Britain and Ireland. 1858.

Im Laufe der Beschreibung werden einige Abkürzungen gebrancht, auf welche hier aufmerksam gemacht werden soll.

Bei der Angabe der Krystallformen werden die Miller'schen Zeichen, im hexagonalen Systeme die Whewell'schen Indices gebraucht. Die Winkel sind die Normalenwinkel (s. pag. 19).

Bei den hexagonalen Krystallen wird zur Charakterisirung der gewählten primären Form öfters der Winkel an der horizontalen Kante der Grundpyramide,

Digitized by Google

nämlich $10\bar{1}1 : 10\bar{1}\bar{1}$, abgekürzt als Winkel ($10\bar{1}1$) angegeben, bei den rhomboëdrischen hingegen der Winkel an der herablaufenden Kante des Grundrhomboëders, abgekürzt als R.-Winkel.

Bei den tetragonalen Krystallen wird öfters der Winkel an der horizontalen Kante der primären Pyramide, nämlich $111 : 11\bar{1}$, als Winkel (111) bezeichnet.

Bei den Krystallen von einfacherem Baue gelten folgende Bezeichnungen:

für die aufrechten Prismen bedeutet Winkel (110) den vorderen Winkel des Prisma, also $110 : 1\bar{1}0$, ebenso für die abgeleiteten Prismen Winkel (120) den Winkel $120 : 1\bar{2}0$ u. s. w.;

für die Querprismen bedeutet Winkel (101) den Winkel $101 : \bar{1}01$, also den Winkel an der oberen Kante, und entsprechend sind die Bezeichnungen für abgeleitete Querprismen;

für die Längsprismen bedeutet Winkel (011) den Winkel $011 : 0\bar{1}1$, also den Winkel an der oberen Kante, und entsprechend sind die Bezeichnungen für die abgeleiteten Längsprismen.

Bei den monoklinen Krystallen bedeutet β den Winkel der beiden Axen a und c, gleichzeitig den Winkel 100 : 001.

Bei den triklinen Krystallen werden die drei Winkel der Krystallaxen mit α, β, γ bezeichnet.

Die Abkürzung A. V. bedeutet Axenverhältnis, welches bei den Krystallen von wirteligem Baue a : c, bei denjenigen von einfacherem Baue a : b : c ist.

U. d. M. für: Unter dem Mikroskope.

Spaltb. „ Spaltbarkeit.

H. „ Härtegrad.

Für die optische Orientirung gelten die im allgemeinen Theile angeführten Bezeichnungen und Abkürzungen, bei den monoklinen Mineralen im Besonderen gilt die pag. 195 angeführte Zählung der Winkel. Bisweilen werden die Brechungsquotienten, und zwar unter n für einfach brechende, für optisch einaxige hingegen der kleinste und grösste und bei den optisch zweiaxigen der kleinste, mittlere und grösste angeführt.

A. E. für: Ebene der optischen Axen.

G. „ specifisches Gewicht.

Chem. Zus. „ Chemische Zusammensetzung.

V. d. L. „ Vor dem Löthrohr.

Die Beschreibungen gelten blos den Gattungen. Einzelne Arten sind nur dort hervorgehoben, wo die gegenwärtigen Kenntnisse dies erlauben und wo zugleich die Unterscheidung bestimmter Arten eine wesentliche Bedeutung für das Verständnis der Erscheinungen erlangt hat. Im Uebrigen muss die Angabe des Auftretens, der Pseudomorphosen, der Paragenese die strengere Unterscheidung jener Arten ersetzen, deren Abgrenzung erst durch künftige Arbeiten erfolgen wird.

I. Classe: Elemente.

Wie der Name besagt, sind es einfache Stoffe, doch werden auch die isomorphen Mischungen und Legirungen von Metallen dazu gerechnet.

Als 1. Ordnung werden die Metalloide aufgeführt, welche freilich einander sehr unähnlich sind.

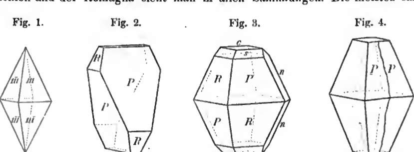
Die 2. Ordnung sind Sprödmetalle, d. i. Metalle vom G. 5·7 bis 10, welche dabei nicht dehnbar sind.

Die 3. Ordnung sind Schwermetalle vom G. 7·2 bis 23, welche weich und dehnbar sind und nur unter den spec. schwersten einige harte und spröde Glieder aufweisen.

I. Ordnung: Metalloide.

Schwefel.

Die rhombischen Krystalle sind nicht selten, die schönen und grossen aus Sicilien und der Romagna sieht man in allen Sammlungen. Die meisten sind



holoëdrisch ausgebildet, doch finden sich, namentlich unter den sicilischen, öfters deutlich hemiëdrische Formen, so dass die Grundpyramide sich in zwei Sphenoide $P = \varkappa$ (111) und $R = \varkappa$ (1$\bar{1}$1) trennt.

Die gewöhnliche Form der Krystalle entspricht einer rhombischen Pyramide oder einer Combination dieser mit $s =$ (113), $c =$ (001), auch $n =$ (011). Die Winkel sind: 111 : 11$\bar{1}$ = 36° 42′, 111 : 1$\bar{1}$1 = 73° 22′, 111 : $\bar{1}$11 = 95° 2′, 111 : 1$\bar{1}\bar{1}$ = 84° 58′, ferner ist (110) 78° 2′, (011) 55° 36′.

Bisweilen kommen Zwillinge vor, nach dem Gesetze 101 die Zwillingsebene, wobei aber 111 die Verwachsungsebene, ausserdem Zwillinge nach 110, wie in Fig. 4, wohl auch solche nach 011 (G. v. Rath, Ann. Phys. Chem. Bd. 155).

Die Krystalle und Individuen zeigen einen schön muscheligen Bruch, die Spaltb. nach 001 und 110 ist unvollk., bei Druck und Temperaturwechsel zerspringen sie leicht. Derber S. bricht uneben, auch splittrig, ist wenig spröde. H. = 1·5 . . 2·5. Farbe honiggelb, schwefelgelb, auch grau und braun. Krystallflächen haben diamantartigen Fettglanz, Bruchflächen einen reinen Fettglanz, dichter S. ist wenig glänzend. Die starke Doppelbrechung lässt sich an durchsichtigen Individuen direct beobachten. Brechungsq. 1·95, 2·038, 2·24. A. E. ist 010, die 1. Mittellinie parallel der c-Axe. Doppelbr. positiv. Optische Präparate

sind wegen der Sprödigkeit schwierig herzustellen. Der Schwefel ist ein Nichtleiter der Elektricität, wird durch Reiben auf Tuch negativ elektrisch. G. = 1·9 bis 2·1, das des reinen 2·070 nach Deville. Schmilzt bei 114°, siedet bei 450°. An der Luft entzündet er sich aber schon bei 270° und verbrennt zu schwefeliger Säure. In Schwefelkohlenstoff löslich und aus dieser Lösung in schönen kleinen rhomb. Krystallen zu erhalten, während er aus der Schmelze monoklin krystallisirt.

Chem. Zus.: Schwefel, bisweilen mit Beimischung von Selen, von Bitumen, selten von Schwefelarsen. Die gewöhnliche Bildung des S. ist jene durch Zersetzung des Schwefelwasserstoffes bei der Einwirkung der atmosph. Luft. Je nachdem aber der Schwefelwasserstoff dampfförmig auftritt, wie in vulkanischen Spalten, oder in Wasser absorbirt vorkommt, wie in den Schwefelquellen, erscheint der Vorgang modificirt. Die Herkunft des Schwefelwasserstoffes selbst ist wieder verschieden, indem er entweder ein Product der vulkanischen Tiefe oder ein Resultat der Einwirkung organischer Substanzen auf Sulfate ist. An Vulkanen findet sich auch sublimirter Schwefel.

Die Krystalle, welche sich als Absatz von Schwefelquellen bilden, haben dieselbe Ausbildung, wie die schönen grossen, oft in Drusen vorkommenden Krystalle Siciliens. Hier findet sich der S. zugleich mit kryst. Cölestin, Gyps, Aragonit, auch Calcit in Spalten und Hohlräumen von Mergel, Thon und Gyps, im Gebiete von Girgenti und Caltanisetta, schöne Sphenoide bei Cianciana. Eigenthümlich ist das Vorkommen bei Ferrara in der Romagna, wo die Krystalle mit Asphalt bedeckt sind. Schöne Krystalle kommen auch von Conil bei Cadix. Bei Teruel in Aragonien sieht man zahlreiche Reste von Sumpfschnecken im dichten S. eingebettet. Bei Swoszowice, unweit Krakau, zeigt er sich in Knollen und als Füllung im Thon und Gyps, bei Radoboj in Croatien in dichten durch Bitumen braun gefärbten Kugeln im Thon. Alle diese Vorkommen gehören tertiären Schichten an. — Der vulkanische S., besonders jener von Island, findet sich öfters als zerreibliche Masse, sog. Mehlschwefel.

Die Production ist am grössten in Italien, welches in der letzten Zeit jährlich circa 400.000 Tonnen zu Markte brachte. Die Hauptmenge liefert aber Sicilien. Die Verwendung des Schwefels ist eine sehr mannigfaltige. Die grösste Menge wird zur Fabrication der Schwefelsäure verbraucht, ausserdem aber dient der S. zur Bereitung des Schiesspulvers, der Schwefelhölzchen, zum Bleichen und Schwefeln, als Arzneimittel u. s. w. Früher war der gediegene Schwefel das einzige Schwefelerz, seit der Zeit der Continentalsperre wird auch der Schwefelgehalt der Eisenkiese und anderer Sulfide der technischen Verwendung zugeführt.

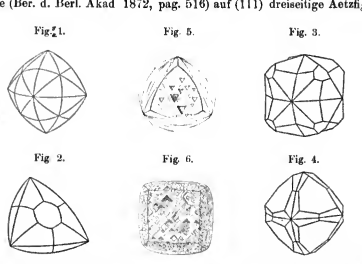
Diamant (Demant).

Die Krystallform ist tesseral. Man hat alle Gestalten der holoëdrischen Abtheilung beobachtet. Bisweilen kommen jedoch Krystalle vor, die Ergänzungszwillinge zweier tetraëdrischer Individuen darstellen. In Fig. 3 ist eine solche, die zwei Individuen von der Form ϰ (321) darstellt, idealisirt wiedergegeben. Diesen entsprechen manche der oktaëdrischen Formen mit gekerbt aussehenden

Digitized by Google

Kanten, wie in Fig. 4. Demnach werden die Krystalle sämmtlich als der tetraëdrischen Abtheilung zugehörig betrachtet (Weiss, Jhb. f. Min. 1880. II. 12). Ein physikalischer Unterschied der abwechselnden Octanten wurde bisher noch nicht beobachtet. Zwillinge nach 111 sind häufig, ein Beispiel gibt Fig. 2. Die Flächen sind häufig gerieft, die Kanten krumm und gerundet. Auf den 111-Flächen sieht man oft dreiseitige, auf den 100-Flächen vierseitige Vertiefungen, Fig. 5 und 6. Die einzelnen Krystalle sind immer ringsum ausgebildet, also schwebend gebildet.

Spaltb. oktaëdrisch vollk. Bruch muschelig. Spröde. Der Diamant ist das härteste Mineral. H. = 10. Nach den Erfahrungen der Diamantenschleifer auf (100) viel härter als auf (111). Beim Erhitzen im Sauerstoffgase bilden sich nach G. Rose (Ber. d. Berl. Akad 1872, pag. 516) auf (111) dreiseitige Aetzfiguren,



ähnlich wie in Fig. 5, von Flächen (311) gebildet. Diamantglanz. Durchsichtig, farblos und wasserhell, aber auch weiss, grau, braun, grün, gelb, zuweilen roth, blau, selten schwarz. Starke Lichtbrechung ($n = 2·42$) und Farbenzerstreuung. Totalreflexion besonders in geschliffenen Exemplaren. Zuweilen zeigt sich eine schwache Doppelbrechung, besonders in der Nähe der dampfförmigen Einschlüsse. Leitet die Elektricität nicht, wird durch Reiben auf Tuch elektrisch. G = 3·5 bis 3·6, im Mittel 3·52. — Chem. Zus.: Kohlenstoff. Verbrennt im Sauerstoffgase vollständig zu Kohlensäure, wird durch ein Gemisch von chromsaurem Kali und Schwefelsäure in Kohlensäure verwandelt.

Man unterscheidet Diamant in einzelnen Krystallen, Krystallgruppen; Bort, in radialstängligen Kugeln; Carbonat, Carbonado, schwarze krystallinische rundliche Körper, beim Verbrennen bis zu 2 Perc. Asche hinterlassend.

Der Diamant findet sich meist auf secundärer Lagerstätte mit Bruchstücken oder Geschieben verschiedener Minerale und krystallinischer Gesteine. Die ältest bekannten Fundorte liegen in Vorderindien, sind jedoch gegenwärtig erschöpft. 1727 kam Brasilien an die Reihe, wo namentlich in der Provinz Minas Geraës

Digitized by Google

bei Tejuco oder Diamantina, dann aber auch in der Provinz Bahia reiche Ausbeute gemacht wurde, die nun auch schon sehr abgenommen hat. Der Diamant findet sich hier in losen Ablagerungen mit Quarz, ist öfters von Gold, auch von Platin, ausserdem jedoch immer von solchen Mineralen begleitet, welche sonst accessorisch im Granit und Gneiss vorkommen, wie Topas, Turmalin, Amethyst, Andalusit, Anatas, Rutil, Zirkon, Zinnstein, Magnetit, Granat, Spinell, Chrysoberyll. Eine andere Art des Vorkommens ist jene in einem Quarzconglomerat mit braunem, eisenhaltigen Bindemittel. Aber auch im Itacolumit, einem plattigen, glimmerhaltigen Quarzgestein, welches zu den krystallinischen Schiefern gerechnet wird, hat man den Diamant angetroffen, in letzter Zeit auch in einem Granit des Districtes von Madras in Indien. Der Carbonado kömmt zumeist aus Bahia.

Auf Lagerstätten, welche den eben genannten gleichen, hat man den Diamant neben Gold auch im Ural, in losen Ablagerungen auch an mehreren Punkten Australiens, ferner in Mexico, in Californien und in anderen Ländern von Nordamerika gefunden. Seit 1867 ist das Vorkommen in Südafrika bekannt (Capdiamanten), wo namentlich das Griqualand am Vaalflusse die reichsten Diamantengruben hat. Wiederum sind es zum Theile lose Ablagerungen, meistens aber feste Conglomerate und Breccien, welche die Lagerstätte bilden. Die Breccien bestehen häufig aus Serpentin und verwandten Mineralen, auch Olivin und Bronzit sind bisweilen darin enthalten.

Die Bildung des D. ist wahrscheinlich nicht verschieden von derjenigen seiner Begleiter, wie Zirkon, Spinell etc., welche aus alten Silicatgesteinen herrühren. Das Vorkommen im Itacolumit und in der Serpentinbreccie weist auf die krystallinischen Schiefer hin. Je nachdem diese als Erstarrungs- oder als Umwandlungsproducte angesehen werden, muss auch die Vermuthung über die specielle Bildungsweise verschieden ausfallen. Die Wahrnehmung schwarzer Pünktchen und zellenähnlicher Einschlüsse haben die Vermuthung eines organischen Ursprungs wachgerufen, für welche Göppert, Liebig u. A. eintraten, die aber keine Begründung fand.

Der D. ist der zumeist geschätzte Edelstein. Der Preis richtet sich sowohl nach dem Gewichte, als nach der Klarheit und Reinheit; schön gefärbte werden am theuersten bezahlt. Das Edelsteingewicht zählt nach Karat. Je nach dem Lande wechselt der Betrag des Karat zwischen 197 und 206 Milligramm. Wien hat 206·1, Berlin 205·4. Ein gut geschliffener schöner Brillant von 1 Karat wird mit 240 Mark und darüber bezahlt. Bei schwereren steigt der Preis, beiläufig gesagt, mit der zweiten Potenz des Gewichtes. Der Schliff der grösseren Exemplare ist Brillantschliff, wofern man das Oktaëder, das oft durch Spaltung hergestellt wird, als Ausgangsform benutzt. Die Zahl der gleichen Facetten ist 4 oder ein Vielfaches von 4. Ein anderer Schliff ist die Rosette, bei welcher die 6-Zahl herrscht. Dazu benutzt man gern die verzerrten Oktaëder oder die Zwillinge, wie in Fig. 2. Kleine Steinchen oder Splitter werden ohne besondere Regel mit Facetten bedeckt und geben die Rauten. Eine alte Schliffform sind die Tafelsteine, Oktaëder mit starker Abstumpfung eines Eckes. Die Erfindung des Schleifens mit Demantpulver auf Metallscheiben wird gewöhnlich Ludwig

Digitized by Google

van Berquen zugeschrieben und in d. J. 1456 versetzt. Als Surrogat des Brillanten dient der Strass, ein bleihaltiges Glas von starker Lichtbrechung und Farbenzerstreuung nach geeignetem Schliffe. Splitter des D. dienen zum Bohren, Graviren, Schleifen der anderen Edelsteine und zum Schneiden des Glases.

Der Bort wird als Schleifmaterial, der Carbonat, welcher bisweilen in Stücken von Faustgrösse vorkommt, zum Schleifen und Bohren benutzt (Diamantbohrer). Das Technische, Historische etc. in Kluge's Edelsteinkunde; Sshrauf's Edelstk.; King, Natural history of precious stones.

Graphit *Werner* (Reissblei).

Das Krystallsystem ist noch nicht sicher bestimmt. Die öfter vorkommenden sechsseitigen Blättchen hielt man für hexagonal. Nordenskiöld aber gab für die Krystalle von Pargas Winkel an, welche für eine monokline Form sprechen. — Spaltb. parallel der grössten Fläche der Blättchen höchst vollk., nach d. Prisma unvollk. H. = 0·5 . . 1. In dünnen Blättchen biegsam, sehr mild, fettig anzufühlen. Abfärbend und schreibend, metallglänzend, opak, eisenschwarz, Strich schwarz. Der G. ist Leiter der Elektricität. G. = 1·9 bis 2·3. Reiner von Ceylon 2·25, von Wunsiedel 2·14 nach Brodie. — Chem. Zus : Kohlenstoff. Verbrennt im Sauerstoffgas schwieriger als der Diamant zu Kohlensäure, ist oft stark mit anderen Substanzen gemischt, welche beim Verbrennen zurückbleiben. Mit Salpeterschmelze schwach verpuffend, in einem Gemisch von chromsaurem Kali und Schwefelsäure sich in Kohlensäure verwandelnd. Der beim Eisenprocess in dem Roheisen sich bildende Graphit ist dem natürlichen gleich, ebenso jener im Meteoreisen.

Krystallisirt im körn. Kalk bei Pargas in Finnland, bei Ticonderoga in New-York, strahlig-blätterige Kügelchen im Granulit von Miask, blätterig-körnig mit Magnetkies eingesprengt im Syenit, Sibirien. Derbe blätterige Massen kommen aus Ceylon, solche mit einer eigenthümlich faserigen holzähnlichen Textur, was aber nur eine äussere Aehnlichkeit bedeutet, aus dem Gneissgebirge von Tunkinsk in Sibirien. — Schuppig oder dicht in Linsen und Lagern im körnigen Kalkstein oder an der Grenze desselben gegen Silicatgestein, als Graphitschiefer oft mit verschiedenen Mineralen gemengt in krystallinischen Schiefern. — Als Imprägnation in solchen Schiefern und im körn. Kalkstein. Der Anthracit von erdigem Bruche ist schon öfters mit Graphit verwechselt worden.

Der G. wird zur Anfertigung der sog. Bleistifte und der Schmelztigel, ferner zum Anstreichen der eisernen Geräthe und als Schmiermittel benutzt.

2. Ordnung: Sprödmetalle.

Arsen.

Krystalle sind selten. Rhomboëder mit der Basis. R.-Winkel 94° 19′ bis 94° 56′. — Spaltb. nach d. Basis vollk., und nach $-\frac{1}{2}R = \pi(01\bar{1}2)$ unv. Spröd. H. = 3·5. Weisslich bleigrau, bald grauschwarz anlaufend. G. = 5·7 bis 5·8. Reines A. nach Bettendorff 5·727. — Chem. Zus.: Arsen, oft mit etwas Antimon, auch Spuren von Silber, Gold, Eisen. V. d. L. wird es verflüchtigt und entwickelt knoblauchartigen Geruch, gibt auf Kohle einen weissen Beschlag.

Findet sich auf Erzgängen feinkörnig bis dicht in traubigen oder nierförm. Gestalten mit schaliger Structur (Scherbenkobalt) auch derb und eingesprengt, oft mit arsenhaltigen Silbererzen. Freiberg, Marionberg, Annaberg in Sachsen, Joachimsthal in Böhmen, Andreasberg am Harz sind bekannte Fundorte.

Das gediegene Arsen liefert einen kleinen Theil jenes Arsens, welches in der Technik verwendet wird.

Der Arsenglanz Breithaupt's scheint mit dem Arsen identisch zu sein. Der Allemontit, eine Mischung von Arsen und Antimon, findet sich bei Andreasberg und Přibram, ehedem kam er von Allemont im Dauphiné.

Antimon.

Die seltenen Krystalle zeigen meistens die Flächen des Rhomboëders, der Basis und jene von $\frac{1}{4}R = \pi(10\bar{1}4)$ und sind nach $-\frac{1}{2}R$ zwillingsartig verbunden. R.-Winkel 92° 25′ bis 92° 53′. — Spaltb. basisch sehr vollk., nach $-\frac{1}{2}R$ vollk., nach $-2R$ unv. Spröde, doch schon etwas mild. H. = 3 . . 3·5. Stark metallglänzend, zinnweiss, grau oder gelblich anlaufend.

G. = 6·6 bis 6·8, des reinen 6·714. — Chem. Zus.: Antimon oft mit kleinen Mengen von Arsen, Silber, Eisen. V. d. L. sehr leicht schmelzend, auf Kohle sich verflüchtigend, mit schwacher Flamme verbrennend und einen weissen Beschlag liefernd. Das A. findet sich auf Gängen in körnigen Aggregaten von traubiger oder nierförmiger Gestalt, gewöhnlich aber derb und eingesprengt vor bei Andreasberg, Přibram. Schöne Stücke kommen von Borneo.

Wismut.

Die Krystalle sind selten deutlich. Sie zeigen das Rhomboëder mit der Basis, jene von Schneeberg $-2R = \pi(02\bar{2}1)$ selbstständig. R.-Winkel 92° 20′. Gewöhnlich sind federartige, baumförmige, gestrickte, auch blechförmige Gestalten, das derbe und eingesprengt vorkommende W. ist körnig. — Spaltb. nach $-2R$ und basisch vollk. Mild. H. = 2·5. Röthlich silberweiss, bunt anlaufend. W. zeigt den stärksten Diamagnetismus, gibt mit Antimon in Berührung die stärksten Thermoströme. G. = 9·6 bis 9·8. — Chem. Zus.: Wismut, öfters mit etwas Arsen. V. d. L. schmilzt es sehr leicht, auf Kohle verdampft es und gibt einen citrongelben Beschlag von Wismutoxyd, in Salpetersäure ist es auflöslich, ein Zusatz von viel Wasser und Kochsalz verursacht hierauf einen weissen Niederschlag.

Das W. begleitet auf Gängen die Kobalt- und Nickelerze, so bei Schneeberg, Marienberg, Annaberg, Joachimsthal, Bieber, in Cornwall, Broddbo in Schweden.

Das gediegene Wismut liefert den grössten Theil des Metalles, welches in der Technik namentlich zur Herstellung von leicht flüssigen Legirungen verwendet wird.

Zu den Sprödmetallen gehört auch das Tellur, welches rhomboëdrisch krystallisirt. R-Winkel 93° 10′. Spaltb nach d. Prisma $\infty R = (10\bar{1}0)$ vollk., basisch unv. Also nicht eigentlich isomorph mit den vorigen. H. = 2 . . 2·5, mild, zinnweiss. G. = 6·1 bis 6·3. — Chem. Zus.: Tellur mit etwas Gold und Eisen. In körn. Aggregaten in mehreren Gruben in Colorado N.-Am., Facebay bei Zalathna, Siebenbürgen.

Digitized by Google

3. Ordnung: Schwermetalle.

Gold.

Tesseral. Gewöhnlich (111) und (100), aber auch (110), (210), (311) u. a. Formen. Die Flächen oft uneben. Die Krystalle undeutlich, oft verzerrt. Zwillinge nach (111) häufig, die Zwillingsbildung oft wiederholt (G. v. Rath, Zeitschr. f. Kryst., Bd. I). Blechförmig, nach der Zwillingsebene ausgedehnte Platten bildend, gestrickt, baumförmig, moos-, draht-, haarförmig. — Spaltb. nicht wahrnehmbar, Bruch hackig. H. = 2·5 . . 3, geschmeidig und ausserordentlich dehnbar. Goldgelb, messinggelb, auch lichtgelb und speisgelb. G. schwankend = 15·0 bis 19·4, das G. des reinen 19·37 nach G. Rose. — Chem. Zus.: Gold, mit kleineren oder grösseren Mengen von Silber in isomorpher Mischung, auch geringen Quantitäten von Kupfer, Eisen etc. V. d. L. leicht schmelzbar; nur durch Salpetersalzsäure auflöslich, wobei etwa vorhandenes Silber als Chlorsilber zurückbleibt.

Das G. ist fast immer an Quarz gebunden, welcher entweder in Gängen und Trümern in Massengesteinen auftritt oder lagerartig, in der Form von Linsen oder Trümern, krystallinische Schiefer durchzieht. Ein gewöhnlicher Begleiter ist der Eisenkies, mit welchem das G. oft innig verbunden ist. Durch diese Paragenesis wird die Bildungsweise angedeutet, welche eine Abscheidung aus Lösungen sein muss, welche gleichzeitig mit der Abscheidung der SiO_2 durch Kohlensäure und Bicarbonate erfolgte.

Auf primärer Stätte wird der Goldquarz in den verschiedensten krystallinischen Schiefern, bisweilen auch im Granit angetroffen, z. B. in N.-Am. in den Staaten Georgia, Carolina, Virginia, in Brasilien, am Radhausberge bei Gastein. In ebensolchem Gestein wurde ehemals in Böhmen, am Heinzenberg im Zillerthal u. a. a. O. Gold gefunden. Einen anderen Charakter hat das Auftreten in eruptiven Gesteinen der Trachyt- und Porphyrgruppe. Hier erscheint das G. an die Eruptionsproducte gebunden, rührt also aus der Tiefe her. Ein hervorragendes Beispiel ist die Umgebung von Verespatak in Siebenbürgen, woher noch immer schöne Goldstufen in die Sammlungen gelangen. Quarz mit Pyrit, Carbonaten und Gold bilden Gänge und vielverzweigte Trümer in dem zersetzten Eruptivgestein (Quarzandesit). In der Nachbarschaft bei Nagyág ist das G. mit Tellurverbindungen in Gesellschaft, ähnliche Vorkommen sind aus Californien bekannt; mit Silbererzen verbunden erscheint es bei Schemnitz, Kremnitz. Auch viele Vorkommen in Peru, Mexico, Australien zeigen die Verbindung mit Eruptivgesteinen.

Das Vorkommen auf secundärer Stätte wurde begreiflicherweise zuerst bekannt und ausgebeutet. Die Goldseifen sind lose Ablagerungen, seltener feste Conglomerate, worin Klümpchen, Schüppchen, Körner oder staubförmiges Gold gefunden werden. Das Bett der meisten Flüsse enthält etwas Gold. In den Ländern alter Cultur sind diese Lagerstätten erschöpft. An vielen Punkten Europas kann man im Gebiete der Flüsse und Bäche Kegel von Geschieben und Geröllen bemerken, welche Reste alter Goldwäschen sind. Gegenwärtig lohnt es nicht der Mühe, jene Arbeiten fortzusetzen. Asien, besonders die Länder am Indus und die grossen Inseln lieferten in alter Zeit grosse Schätze,

Digitized by Google

im Ural und den asiatischen Ländern Russlands werden auch jetzt noch mässige Quantitäten gewonnen. Afrika war ehemals reich und hat auch gegenwärtig, besonders nach dem Bekanntwerden der Goldfelder zwischen Limpopo und Zambesi und im Transvaal, eine nicht unerhebliche Production. Nach der Entdeckung der neuen Welt waren es zuerst die Seifen und Bäche Brasiliens, welche grosse Goldmengen gaben, seit 1848 aber Californien, welches durch seinen grossen Reichthum Aufsehen erregte. Später wurden auch in Georgia, Carolina, Virginia etc. Goldseifen gefunden, welche zu den Goldquarzen, also von der Schlemmarbeit zum Bergbau leiteten. Bald schien Australien alles andere zu übertreffen, wo die Colonie Victoria das reinste Gold in unerwarteter Menge lieferte und wo auch jetzt noch ergiebige Ausbeute gemacht wird. Auch Neuseeland liefert einen mässigen Ertrag. Das meiste G. kommt heute aus den vereinigten Staaten und aus Australien.

Da das Gold nur selten in chemischer Verbindung, sonst aber immer gediegen vorkommt, so rührt fast alles gewonnene Gold von diesem Mineral her. Um dem Metalle grössere Härte zu geben, legirt man es mit Kupfer oder mit Silber. Historisches in d. Werke v. King, Nat. history of precious stones and metals, 1870. Mercantiles und Münzpolitisches in Soetbeer, Ergänzungsheft zu Petermann's geograph. Mitth., 57. Suess, Die Zukunft des Goldes 1877.

Als Electrum wird das lichtgelbe Gold von mehr als 20 Percent Silbergehalt, als Porpezit das palladiumhaltige, als Goldamalgam die Legirung mit Quecksilber bezeichnet.

Silber.

Tesseral, gewöhnlich (100), auch (111), (110), (210) und andere Formen. Die Krystalle erscheinen oft verzerrt und mehrfach zusammengesetzt nach der Zwillingsfläche (111) (Sadebeck, Tschermak's Min. u. petr. Mitth., I., pag. 293). Häufig sind gestrickte Formen oder haar-, draht-, zahn-, moosförmige, farnkrautartige Gestalten, auch Bleche und Platten. Zuweilen wird es derb, eingesprengt oder fein vertheilt gefunden. — Spaltb. nicht wahrnehmbar. Bruch hackig. Geschmeidig, dehnbar. H. = 2·5 .. 3. Silberweiss oder gelblich, durch Anlaufen gelb, braun, schwarz, bisweilen kupferroth. Der beste Leiter der Elektricität. G. = 10·1 bis 11·0, des reinen S. 10·52 nach G. Rose. — Chem. Zus.: Silber, doch öfters mit Beimischungen von Gold, Kupfer, Eisen, Arsen, auch Platin u. s. w. V. d. L. leicht schmelzbar, in Salpetersäure auflöslich.

Auf Gängen mit Silberverbindungen, wie Silberglanz, Rothgiltigerz oder mit Arsen. So bei Přibram, Freiberg, Schneeberg. Das Vorkommen von Pseudomorphosen nach Stephanit und Rothgiltigerz zeigt hier die secundäre Bildung an. Auf Gängen mit Kalkspath, Flussspath, Quarz etc. bei Kongsberg. Mit Kupfer in und neben dem Mandelstein am Lake Superior, in feiner Vertheilung im Eisenocher, Peru. Grosse schöne Krystalle von Kongsberg. Hier ist auch das goldhaltige oder güldische Silber vorgekommen. Der Arquerit von Coquimbo in Chile und der Kongsbergit von Kongsberg bilden Uebergänge zum Amalgam. Das ged. Silber unterliegt bisweilen einer Umwandlung in Silberglanz, auch in Chlorsilber.

Das Amalgam oder Silberamalgam ist tesseral und zeigt oft flächenreiche Krystalle, (110) comb. mit (211), auch mit (111), (100), (310) etc. — H. = 3 . . 3·5; etwas spröde, silberweiss. G. = 13·7 bis 14·1. — Chem. Zus.: Quecksilber und Silber in verschiedenen Verhältnissen als isomorphe Mischung. — Krystalle, Platten, Anflüge, eingesprengte Körner mit Zinnober und Quecksilber. Moschellandsberg, Almaden, Szlana in Ungarn, Chañarcillo in Chile.

Quecksilber.

Bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, bei — 40° erstarrend und dann tesseral krystallisirt. Zinnweiss, siedet bei 357°. G. = 13·5 bis 13·6, des reinen Q. 13 596 nach Regnault. — Chem. Zus.: Quecksilber, oft etwas Silber enthaltend, welches zurückbleibt, wenn das Quecksilber v. d. L verflüchtigt wird. — Tropfen im Zinnober, seltener grössere geflossene Massen in Höhlungen des Gesteines bildend. Almaden in Spanien, Idria in Krain, im Kalkstein; Moschellandsberg in der Rheinpfalz, Huancavelica in Peru, St. José in Californien.

Das Blei ist noch nicht krystallisirt gefunden. Die künstlichen Krystalle sind tesseral. Ueber viele Funde gibt es nur unsichere Angaben, weil oberflächlich vorkommendes B leicht von Geschossen herrühren kann. Unzweifelhaft ist das Vorkommen bei Pajsberg in Wermland in der Form von Platten und Blechen mit Magnetit, Eisenglanz, Rhodonit etc., welche ein Lager im Dolomit bilden, und ähnlich bei Nordmark. H. = 1·5, bleigrau, doch immer schwärzlich angelaufen. G. = 11·3 bis 11·4, des reinen 11·37 nach Reich. V. d. L. leicht schmelzbar, durch Salpetersäure auflöslich.

Auch das Zinn soll natürlich vorkommen Frenzel gibt Zinn neben Wismutspath von Guanaxnato in Mexico an.

Kupfer.

Oft krystallisirt, gewöhnliche Formen (111), (100), (110), (210), meist verzerrt, Zwillingsbildungen nach (111) nicht selten. Baumförmige, ästige, haar-, draht-, moosförmige, blechförmige Gestalten sind häufig, doch kommt es auch derb und eingesprengt vor. — Spaltb. nicht wahrnehmbar. H. = 2·5 . . 3. Bruch hackig. Das Kupfer ist geschmeidig und dehnbar, kupferroth, öfters gelb oder braun angelaufen. G. = 8·5 bis 8·9, des reinen K. 8·838 nach Whitney. — Chem. Zus.: Kupfer, meist frei von Beimischungen. V. d. L. schmilzt es ziemlich leicht, durch Salpetersäure wird es zur blauen Flüssigkeit gelöst.

Das Vorkommen ist ziemlich mannigfaltig. Auf Gängen mit Kupferkies, Kupferglanz etc. oder mit Cuprit, Malachit, Azurit. In letzterem Falle zeigen die Pseudomorphosen nach Cuprit bisweilen die Bildungsweise an (pag. 301). In den krystallinischen Schiefern, im Thonschiefer und Thon, besonders in der letzteren Paragenese, ebenso bisweilen mit Kalkstein. Merkwürdig ist das Auftreten in Mandelsteinen mit Prehnit und anderen Zeolithen, in bedeutender Entwicklung am Lake Superior in N.-Am. Die Hauptmasse kommt hier an der Grenze von Sandstein und Melaphyrmandelstein vor. Das Kupfer bildet manchmal grössere Massen, ist silberhaltig und erscheint zuweilen in Pseudomorphosen nach Kalkspath. Als Neubildung findet sich K. bisweilen in alten Kupfergruben auf Holz. Auf secundärer Lagerstätte wird es, obgleich selten, in losen Körnern oder Klumpen gefunden. Aufsehen erregte die grosse, 420 Tonnen schwere Masse, die 1857 an der Minnesota-Grube am Lake Superior im Conglomerat gefunden

Digitized by Google

wurde. Schöne krystallisirte Vorkommen sind aus Cornwall, von Rheinbreitbach, Saska, und Moldawa, Fahlun, Bogoslowsk, auch von Wallaroo in Australien bekannt. Pseudomorphosen nach Aragonit wurden von Corocoro in Peru gebracht. Durch den Einfluss der Atmosphärilien wird das Kupfer in Cuprit, Malachit, bisweilen in Azurit verwandelt.

Eisen.

Die Eigenschaften sind durch Beobachtungen am künstlichen und meteorischen ermittelt. Demnach ist die Krystallform tesseral, am künstlichen zuweilen (111) sichtbar, Spaltb. nach (100) vollk. Die Spaltungswürfel erscheinen von Zwillingslamellen durchsetzt. H. = 4·5, geschmeidig, ziemlich dehnbar, stahlgrau bis eisenschwarz, stark magnetisch. G. des reinen = 7·88 nach Caron. — Chem. Zus.: Eisen mit verschiedenen Beimischungen. V. d. L. nicht schmelzbar, durch Salzsäure oder Salpetersäure auflöslich.

Die meisten Eisenklumpen, welche bisher gefunden wurden, haben die Eigenschaften des Meteoreisens (s. d. Anhang); doch gibt es wohl unzweifelhaft auch tellurisches Eisen, welches seiner Bildung nach der Erde angehört. Frühere Funde sind jenes von Mossier in Laven der Auvergne, das von Bornemann in Eisenkiesknollen bei Mühlhausen in Thüringen, das von Neumann im Pläner bei Chotzen in Böhmen beobachtete Eisen. Die auf Gold und Platinseifen gefundenen Schüppchen können von Werkzeugen herrühren. Spärlich und in feiner Vertheilung scheint es in manchen Basalten vorzukommen, welche, wie Andrews zeigte, aus einer Kupfervitriollösung mikroskopisch kleine Häufchen von Kupfer niederschlagen.

Das Vorkommen von gediegenem Eisen in Grönland war seit 1819 durch Capitän Ross bekannt. Die Eskimos benutzten es zu Messerklingen und Werkzeugen. Von der Fortunebai auf Disco kam ein grösseres Stück nach Kopenhagen. 1870 wurden von Nordenskiöld bei Ovifak auf der grönländischen Insel Disco metallische Klumpen, die bis 500 Centner Gewicht hatten, und zum Theil aus gediegenem Eisen bestanden, entdeckt, ebenso wurden im benachbarten Basalt Klumpen und Einsprenglinge von Eisen beobachtet. Der Entdecker, sowie mehrere andere Forscher hielten dieses Eisen anfänglich für meteorisch, von einem während der Eruption des Basaltes hineingefallenen Meteoritenschwarm herrührend, bis Steenstrup nach genauer Untersuchung des eingesprengt vorkommenden Eisens dessen tellurischen Ursprung als viel wahrscheinlicher darstellte. Die Masse der Klumpen ist viel härter als Eisen, viele Stücke verwitterten sehr rasch, während andere sich frisch erhielten. Eines dieser Gemenge besteht nach Wöhler's Analyse und Berechnung aus 46·6 Perc. Eisen, 40·2 Magnetit, 7·8 Eisensulfür, 3·7 Kohle, während andere Stücke ziemlich reines Eisen sind (Jahrb. f. Min. 1879, pag. 173 und 832).

Platin.

Die selten vorkommenden Krystalle sind tesseral. (100) auch (111). Kleine Plättchen, stumpfeckige Körner, grössere glatte oder rauhe Klumpen, fast immer lose, von eckigkörniger Textur. — Spaltb. nicht wahrnehmbar. Bruch hackig.

H. = 4·5 .. 5, geschmeidig, dehnbar. Stahlgrau, gegen silberweiss, zuweilen magnetisch. G. = 17 bis 18, des reinen gehämmerten bis 21·23. — Chem. Zus.: Platin, doch immer mit Eisen und geringeren Mengen der später erwähnten Platinmetalle gemischt. V. d. L. nicht schmelzbar, nur im Knallgasgebläse zu schmelzen, durch Salpetersalzsäure auflöslich.

Das Platin ist bisher meist auf secundärer Stätte gefunden worden. Da manche Klümpchen eine Verwachsung mit Chromit, auch mit Serpentin zeigen, so ist zu schliessen, das mindestens ein Theil des Platins ursprünglich in einem Serpentin enthalten war, und weil dieser aus Olivin entsteht, in einem Olivinfels. Dieser aber gehört zu den ältesten Bildungen der Erdrinde. Auf Quarzgängen, oft mit Gold, wird es von Bonssingault und Jervis in Neugranada, von Helmersen bei Beresowsk am Ural angegeben.

Die Begleiter des P. auf den Seifen sind Gold, Chromit, Magnetit, Zirkon, Korund, selten Diamant, häufig Iridium, Osmiridium, Palladium. Die bekanntesten Fundorte liegen am Ural, wo das P. 1822 entdeckt wurde, bei Nischne Tagilsk, hier mit Serpentin, bei Bissersk, Kuschwinsk, Newjansk; im District Choco der Freistaaten von Columbia, wo es zuerst beobachtet und woher es 1735 durch Ulloa nach Europa gebracht wurde; in Brasilien, auf St. Domingo, in Californien, auf Borneo. Kleine Mengen sind aber auch im Rhein, in Irland, Frankreich etc. beobachtet worden.

Aus dem rohen Platin wird einerseits das reine Platin abgeschieden, welches wegen seiner Strengflüssigkeit besonders zu Gefässen für chemische Operationen dient, andererseits werden Iridium, Osmium etc. daraus dargestellt.

Mit dem Platin finden sich bei Nischne Tagilsk auch Körnchen von **Eisenplatin** mit höherem Eisengehalte bis zu 19 Perc. G. = 14 bis 15; ausserdem auf mehreren Lagerstätten als wechselnde Begleiter einige Minerale, welche seltene Stoffe repräsentiren: das **Iridium**, wie voriges tesseral, H. = 6 .. 7, G. = 22, und das **Platiniridium** von G. = 17. ferner das **Osmiridium** (Newjanskit, Haid.) hexagonal, H. = 7, G. = 19·4, ausser Iridium und Osmium auch Rhodium, Ruthenium enthaltend, das ebenfalls hexagonale **Iridosmium**, G. = 21, reicher an Osmium, und das **Palladium**, hexagonal und tesseral (dimorph), H = 4·5 .. 5, G. = 12.

II. Classe: Lamprite.

Von λαμπρός glänzend. Sie sind Arsen-, Antimon- und Wismutverbindungen der Schwermetalle, ferner Schwefel-, Selen- und Tellurverbindungen der schweren und spröden Metalle. Durch das hieraus folgende chemische Verhalten werden sie stets leicht als solche erkannt. Sie zeigen Metallglanz bis Demantglanz. Alle erscheinen als Gangminerale, deren Bildungsweise unter **(213)** besprochen ist, und nur wenige Gattungen enthalten Arten von anderem Auftreten.

I. Ordnung: Kiese (Pyritoide).

Verbindungen von Arsen, Schwefel, selten von Tellur, Antimon mit den Metallen der Eisengruppe (Reihe 8), namentlich mit Kobalt, Nickel untergeordnet aber auch mit Kupfer. Sie sind alle stark metallglänzend, an den hellen

Farben und der durchschnittlich grösseren Härte, immer über 3, von den folgenden zu unterscheiden. Alle sind spröde, mit Ausnahme des Buntkupferkieses, alle geben ein dunkles Strichpulver.

a) Arsen- und Antimonkiese. Hier bilden die Verbindungen $FeAs_2$, $CoAs_2$, $NiAs_2$, isomorphe Mischungen, welche sowohl tesseral als rhombisch krystallisiren. Einem andern Typus gehören $NiAs$ und $NiSb$ an.

Löllingit *Haidinger* (Arseneisen, Arsenikalkies).

Rhombisch. Gewöhnlich (110), (101), auch (011) und (013). Winkel (110) 66° 20′, (013) 46° 10′ nach Schrauf. Einzelne Krystalle oder derb eingesprengt bei strahliger oder körniger Textur. — Spaltb. (001) ziemlich deutlich, Bruch uneben. H. = 5 .. 5·5, silberweiss ins Stahlgraue, Strich schwarz. G. = 7·0 bis 7·2. — Chem. Zus.: $FeAs_2$, entsprechend 27·2 Eisen und 72·8 Arsen, jedoch ist immer auch eine kleine Menge Schwefel vorhanden. V. d. L. schwer zur unmagnetischen Kugel schmelzbar, im Kölbchen ein Sublimat von Arsen gebend.

Im Serpentin von Reichenstein in Schlesien, im Gebiete des Eisenspathes bei Lölling in Kärnten, auf den Gängen bei Přibram, auch bei Andreasberg u. a. O. Der Löllingit verwittert bisweilen zu Grüneisenerz und Skorodit.

Das Vorkommen mit geringerem Arsengehalt will Zepharovich als Leukopyrit abtrennen. Der Glaukopyrit Sandberger's steht dem Löllingit sehr nahe.

Speiskobalt *Werner* (Smaltin, *Beudant*).

Tesseral, meistens (100) mit (111), (110) seltener (211). Nach Groth's Beobachtungen hemiëdrisch, der pyritoëdrischen Abtheilung entsprechend. Die Würfel oft bauchig, mitunter wie gequollen oder geborsten, die Krystalle schalig zusammengesetzt, oft in Drusen vereinigt; häufig sind gestrickte oder staudenartige Formen, traubige oder nierförmige Gestalten, derbe und eingesprengte körnige bis dichte Aggregate. — Spaltb. nicht deutlich. Bruch uneben, H. = 5·5, zinnweiss bis lichtstahlgrau, grau oder bunt anlaufend, Strich grauschwarz. G. = 6·4 bis 7·3. — Chem. Zus.: $CoAs_2$, jedoch immer mit kleinen Mengen von Schwefel, ferner grösseren Mengen von Eisen und von Nickel. Manche Analysen geben weniger Arsen an, als die Formel verlangt, welcher 28·2 Kobalt und 71·8 Arsen entsprechen, daher nicht nur eine isomorphe Mischung mit Arseneisen und Arsennickel, sondern auch mechanische Beimengungen anzunehmen sind. V. d. L. auf Kohle unter Ausgeben von Arsenrauch leicht zur grauen magnetischen Kugel schmelzbar, im Kölbchen erst bei starker Hitze Arsen, im offenen Glasrohr einen weissen Beschlag von arseniger Säure gebend, durch Salpetersäure leicht auflöslich, eine rothe Lösung liefernd.

Auf den sog. Kobaltgängen mit Quarz, Rothnickelkies, Wismut, Pyrit, Bleiglanz, Silbererzen, bei Schneeberg in Sachsen, ähnlich bei Marienberg, Annaberg, Johanngeorgenstadt, Joachimsthal, mit Baryt u. a. M. bei Riechelsdorf, Bieber, mit Spatheisenstein und Kupfererzen in der Nähe des Gabbro bei Dobschau etc.

Bei der Verwitterung bedeckt er sich mit einem rothen Beschlag von Kobaltblüthe.

Digitized by Google

Ueber die Krystallisation des S. haben Naumann (Pogg. Ann., Bd. 31), G. v. Rath (Zeitschr. f. Kryst., Bd. 1), Groth (Min. Samml. d. Univ. Strassburg) wichtige Arbeiten geliefert. Die hierhergehörigen Minerale sind isomorphe Mischungen, daher eine scharfe Grenze gegen den weiterhin besprochenen Chloanthit nicht anzugeben ist. Ein Mineral, welches die Zusammensetzung eines Speiskobaltes hat, jedoch rhombisch krystallisirt, ist der Safflorit (Spathiopyrit). Der bisweilen beobachtete stängelige Speiskobalt ist wohl auch dazu zu rechnen und eine Dimorphie der Substanz $Co\,As_2$ anzunehmen. Der Wismutkobaltkies Kersten's von Schneeberg ist ein wismuthaltiger S. Der Tesseralkies (Skutterudit) von pyritoëdrischer Form erscheint nach der Formel $Co\,As_3$ zusammengesetzt.

Chloanthit *Breithaupt* (Weissnickelkies, Arseniknickelkies z. Th.).

Formen und viele phys. Eig. wie beim Speiskobalt, mit welchem er früher vereint wurde. G. = 6·4 bis 6·8. — Chem. Zus.: $NiAs_2$, jedoch immer mit etwas Eisen und Kobalt. Der Formel entsprechen 28·2 Nickel und 71·8 Arsen. V. d. L. gibt er Arsenrauch, setzt arsenige Säure an, bleibt lange glühend, gibt ein sprödes Metallkorn, durch Salpetersäure auflöslich, indem er eine grüne Lösung liefert.

Das Vorkommen ist dasselbe wie beim Speiskobalt. Besonders rein von Riechelsdorf, Grosscamsdorf, Allemont bekannt. Bei der Verwitterung zeigt er einen grünen Beschlag von Nickelblüthe.

Auch der Chloanthit hat in dem Rammelsbergit (Weissnickelkies, Arseniknickel z. Th.), welcher bei gleicher Zusammensetzung rhombisch krystallisirt bei Schneeberg, Riechelsdorf, Wittichen gefunden wurde, seinen heteromorphen Vertreter gefunden.

Nickelin *Beudant* (Rothnickelkies, Kupfernickel, Arseniknickel).

Hexagonal. Die seltenen sitzenden Krystalle zeigen die Pyramide, auch die Basis. Winkel $(10\bar{1}1)$ 93° 10′. Meistens derb oder eingesprengt, körnig bis dicht, aber auch gestrickt, baumförmig. — Spaltb. kaum erkennbar, Bruch muschlig oder uneben. H. = 5·5, licht kupferroth, schwärzlich anlaufend. Strich bräunlichschwarz. G. = 7·4 bis 7·7. — Chem. Zus.: $Ni\,As$, entsprechend 43·6 Nickel und 56·4 Arsen, mit Beimischung von Antimon und Schwefel. V. d. L. auf Kohle nach Entwicklung von Arsenrauch zur weissen spröden Metallkugel schmelzbar, im Kölbchen kein Arsen gebend, durch concentrirte Salpetersäure unter Abscheidung von arseniger Säure löslich. Die Lösung ist grün.

Das Vorkommen ist dasselbe wie beim Speiskobalt, doch tritt er in geringerer Menge auf, gut krystallisirt zu Sangerhausen, schöne derbe Stücke kamen früher von Schladming, sonst findet er sich bei Freiberg, Schneeberg, Annaberg, Riechelsdorf u. a. O. Bei der Verwitterung liefert er Nickelblüthe. Ist das wichtigste und am meisten verbreitete Nickelerz.

Die Minerale Speiskobalt, Chloanthit, Nickelin bilden auf Gängen eine constante Paragenesis (Kobaltformation Breithaupt's). Die in den krystallinischen Schiefern bei Schneeberg in grosser Zahl auftretenden quarzreichen Gänge, ferner jene bei Marienberg, Annaberg, Joachimsthal, Johanngeorgenstadt abgebauten sind merkwürdig durch die Begleitung arsenhaltiger Silbererze, welche stets die jüngere Bildung darstellen. Aehnlich sind die Verhältnisse bei Wittichen im Schwarzwalde.

Bei Schladming zeigt sich eine Durchsetzung von eisenkieshaltigen Fahlbändern durch Kobaltgänge, welche an den Stellen des Zusammentreffens beider eine Anreicherung wahrnehmen lassen. Für das Vorkommen in sedimentären Gesteinen geben die sogenannten Kobaltrücken, welche die kupfererzführenden Thonschiefer bei Riechelsdorf und Bieber durchtrümern und Baryt als charakteristisches Gangmineral führen, ein Beispiel.

Die Kobalt- und Nickelerze sind seit langer Zeit Gegenstand einer aufmerksamen Aufbereitung und Verhüttung. Ehemals wurden sie nach dem Rösten mit einer Glasmasse geschmolzen, welche durch Anfnahme von Kobaltoxyd sich schwarzblau färbte und nach dem Pulvern und Schlämmen die Smalte lieferte. Diese wurde als Deckfarbe, ferner als fenerbeständige Glaser- und Emailfarbe verwendet. Den kobaltfreien metallinischen Rest verarbeitete man auf Nickel. Als Anstreichfarbe und Malerfarbe ist die Smalte seit 1845 durch das lebhaftere Ultramarin verdrängt worden und gegenwärtig wendet sich die Verarbeitung jener Erze vorzugsweise der Gewinnung des Nickels zu. Die Darstellung desselben ist ein ziemlich schwieriger Process. Früher waren es die als Neusilber und Packfong bezeichneten Legirungen, für welche das Nickel in Verwendung kam, seit Einführung der Nickelmünzen (Legirung 1 Nickel: 3 Kupfer) in mehreren Staaten ist der Verbrauch gestiegen und hat durch die Erfindung des Vernickelns der Eisen- und Zinkwaaren noch zugenommen.

Mit dem Nickelin isomorph ist der Breithauptit (Antimonnickel) von Andreasberg. (10$\bar{1}$1) 93° 4′. Chem. Zus.: NiSb. Zu den arsenhaltigen Kiesen gehört auch der Domeykit Haidinger (Arsenkupfer, Condurrit), vorzugsweise in Chile und Mexico vorkommend, sowie die Verwandten: Algodonit, Whitneyit, mit welchem letzteren der Darwinit übereinstimmt.

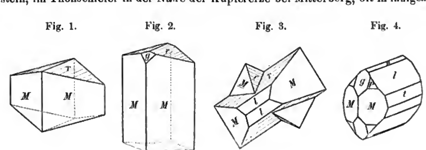
b) Schwefelarsen- und Schwefelantimonkiese. Hier bilden die Substanzen Fe As S, Co As S, Ni As S isomorphe Mischungen, welche sowohl tesseral als rhombisch krystallisiren, auch die Substanz Ni Sb S tritt zuweilen in den Kreis dieser Mischungen.

Arsenkies oder **Misspickel** (Arsenopyrit, *Glocker*).

Rhombisch. Gewöhnl. Formen $M = (110)$ mit $r = (014)$ kurze Krystalle oder lange Prismen bildend, an welchen ausserdem $g = (101)$ mit kleinen Flächen ausgebildet ist, die Flächen in der in den Figuren angedeuteten Art gerieft. Zwillinge häufig nach (101) wie in der Figur 3, seltener nach (110). Die Winkel schwankend nach den Fundorten, resp. der Mischnng. Miller gibt (110) 68° 48′ (014) 33° 32′, (011) 100° 38′, (101) 120° 48′. Die Krystalle einzeln sitzend, gewöhnlicher zu Drusen verbnnden, wohl auch schwebend gebildet; manchmal kommen stängelige Aggregate mit krummer Oberfläche vor, oft derbe Massen von körniger Textur. — Spaltb. (110) eben erkennbar, Bruch uneben, H. = 5·5...6, silberweiss bis lichtstahlgrau, gelb oder grau anlaufend, Strich schwarz. G. = 6 bis 6·2. — Chem. Zus.: *Fe As S* entsprechend 34·4 Eisen, 46·0 Arsen und 19·6 Schwefel. Die Analysen geben bisweilen merkliche Abweichungen von dieser Regel, durch einen Gehalt an Kobalt bilden manche der hierhergehörigen Mine-

rale einen Uebergang zum Glaukodot. Ein kleiner Gehalt an Silber oder Gold zeichnet manche Vorkommen aus. V. d. L. auf Kohle schmilzt er zur braunen oder schwarzen magnetischen Kugel, im Kölbchen liefert er ein doppeltes Sublimat, zuerst ein braunes von Schwefelarsen, dann ein schwarzes von metallischem Arsen, durch Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und etwas arseniger Säure löslich.

Der A. ist ein auf sehr vielen Gängen verbreitetes Mineral. Die Zinnerzlagerstätten haben ihn als gewöhnlichen Begleiter, mit Silbererzen ist er bei Freiberg, Bräunsdorf u. a. O. häufig zu finden, mit Bleiglanz auf den Gängen von Sala, mit Blende auf jenen von Rodna, mit Kobalt- und Nickelerzen bei Skutterud in Norwegen, bei Chatham in Connecticut, im Serpentin bei Reichenstein, im Thonschiefer in der Nähe der Kupfererze bei Mitterberg, oft in innigem



Gemenge mit Eisenkies an vielen Orten. Durch Verwitterung erzeugt sich Skorodit, häufiger Pittizit.

Der A. wird dort verwendet, wo man den Arsen- und Schwefelgehalt der Kiese zu arseniger Säure und Schwefelsäure verarbeitet, z. B. in Muldenhütte bei Freiberg. Der silberhaltige (Weisserz) lohnt die Kosten der Abscheidung des Edelmetalls.

Der Plinian Breithaupt's ist Arsenkies, der Geierit Breithaupt's enthält mehr Arsen als dieser. Der Danait (Kobaltarsenkies), welcher öfters die in Fig. 4 dargestellte Combination zeigt, wo $p = (111)$, $t = (031)$, $l = (011)$, $n = (012)$, bildet den Uebergang zum Glaukodot

Glanzkobalt (Kobaltglanz, Kobaltin).

Die öfters schwebend gebildeten, im Kupferkies liegenden Krystalle haben pyritoëdrische Form, wie Eisenkies, derbe körnige Massen kommen ebenfalls vor. — Spaltb. (100) vollk. H. = 5.5, stark glänzend, röthlich silberweiss, grau anlaufend, Strich graulichschwarz. G. = 6·0 bis 6·1. — Chem. Zus.: *Co As S*, entsprechend 35·5 Kobalt, 45·2 Arsen, 19·3 Schwefel, doch fast immer auch etwas Eisen enthaltend. V. d. L. schmilzt er nach Entwicklung von Arsenrauch zur grauen schwach magnetischen Kugel, im Kölbchen gibt er keinen Arsenspiegel, im offenen Glasrohr bei starker Hitze schwefelige Säure und Beschlag von arseniger Säure, durch Salpetersäure ist er unter Abscheidung von Schwefel und arseniger Säure löslich, die Lösung ist roth. — Vorkommen lagerartig in krystallinischen Schiefern mit Pyrit, Kupferkies, auch Magnetit neben Quarz,

Digitized by Google

Hornblende, Glimmer etc., bei Tunaberg und Vena in Schweden, Skutterud, ferner auch bei Querbach, Siegen etc. Bedeckt sich bei der Verwitterung mit Kobaltblüthe, ist eines der reichsten Kobalterze. (Vergl. Speiskobalt.)

Der Glaukodot Breithaupt's, welcher rhombisch krystallisirt und mit dem Arsenkies isomorph ist, hat die Zusammensetzung eines eisenreichen Glanzkobaltes. Er findet sich bei Håkansbo in Schweden, Valparaiso in Chile. Durch den Danait hängt er mit dem Arsenkies zusammen. Der Alloklas Tschermak's von Orawicza ist ein wismuthaltiger Glaukodot.

Gersdorffit (Arseniknickelglanz, Nickelarsenkies, Nickelglanz z. Th.).

Die Krystallform ist pyritoëdrisch, doch ist die Comb. (111) (100) die gewöhnliche, meist findet er sich nur derb mit körniger Textur. — Spaltb. (100) ziemlich vollk. Bruch uneben. H. = 5·5; silberweiss ins Stahlgraue geneigt, graulichschwarz anlaufend, Strich grauschwarz. G. = 6·0 bis 6·7. — Chem. Zus.: *Ni As S*, entsprechend 35·1 Nickel, 45·5 Arsen, 19·4 Schwefel, immer mit etwas Eisen und Kobalt als Stellvertreter des Nickels. Zerknistert im Kölbchen, gibt ein braunes Sublimat von Schwefelarsen. V. d. L. unter Entwicklung von Arsendämpfen zur Kugel schmelzbar, im Glasrohr schwefelige und arsenige Säure gebend, durch Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und arseniger Säure löslich. Die Lösung ist grün.

Ausgezeichnete Fundorte sind Loos in Schweden, Schladming in Steiermark, wo er mit Nickelin, Lobenstein, Harzgerode, wo er mit Ullmannit vereinigt ist, Müsen.

Der Korynit Zepharovich's von Olsa in Kärnten, oktaëdrisch krystallisirt, ist antimonhaltig und bildet den Uebergang zum Ullmannit. Der Wolfachit Sandberger's von derselben Zusammensetzung ist jedoch rhombisch.

Ullmannit (Antimonnickelglanz, Nickelglanz z. Th.).

Pyritoëdrisch nach Groth. Die Krystalle zeigen gewöhnlich (100), (111), auch (110), zuweilen auch Ergänzungszwillinge, Oktaëder mit gekerbten Kanten, ähnlich wie beim Diamant. Gewöhnlich sieht man das Mineral derb und eingesprengt mit körn. Textur. — Spaltb. (100) vollk. Bruch uneben. H. = 5 . . 5·5, bleigrau, bis stahlgrau, grauschwarz, auch bunt anlaufend. G. = 6·2 bis 6·5. — Chem. Zus.: *Ni Sb S*, entsprechend 27·4 Nickel, 57·5 Antimon, 15·1 Schwefel, bisweilen mit etwas Arsen. V. d. L. auf Kohle unter Entwicklung von Antimonrauch schmelzend, im Glasrohr weissen Beschlag liefernd. Durch concentrirte Salpetersäure wird er zersetzt, durch Salpetersalzsäure unter Abscheidung von Schwefel gelöst; die Lösung ist grün.

Der U. findet sich mit Blende und Kupferkies bei Freusburg und Umgebung in Nassau, bei Harzgerode, Lobenstein, Lölling, Waldenstein (Kärnten).

Gersdorffit und Ullmannit werden, wofern sie in erheblicher Menge auftreten, auf Nickel verhüttet.

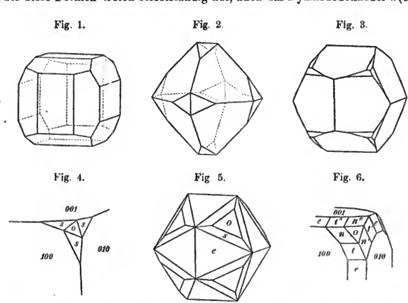
c) Schwefelkiese, die reichste Abtheilung, in welcher die dimorphe Substanz FeS_2 die Hauptrolle spielt, ausserdem aber ein einfacher Typus durch Ni S vertreten ist und auch zusammengesetzte Sulfide, wie im Kupferkies auftreten. Interessant sind folgende Formenähnlichkeiten und Isomorphieen:

22*

	rhombisch		tesseral
Fe S S Markasit A.V.	= 0·7519 : 1 : 1·185	Fe S S Pyrit	pyritoëdrisch
Fe As S Arsenkies	0·6709 : 1 : 1·189	Co As S Glanzkobalt	„
Fe As As Löllingit	0·6580 : 1 : 1·284	Ni As S Gersdorffit	„

Eisenkies oder **Pyrit** (Schwefelkies).

Das häufigste Mineral der ganzen Classe. Sehr oft krystallisirt, das vorzüglichste Beispiel der pyritoëdrischen Hemiëdrie. An den Krystallen ist bald das Hexaëder, bald das Oktaëder oder das Pyritoëder π (210) vorwiegend entwickelt, oder diese Formen treten selbstständig auf, auch das Dyakisdodekaëder π (421)



findet sich bisweilen selbstständig. Der Ergänzungszwilling des Pyritoëders, der Zwilling des eisernen Kreuzes genannt, Fig. 198 auf pag. 89, ist nicht selten. Die Zahl der einfachen Formen und der Combinationen ist sehr gross. Nach den Beobachtungen von Sella, Strüver (Atti Acad. Torino 1869), Groth u. A. zählt man 25 verschiedene Pyritoëder, 9 Ikositetraëder, 4 Triakisoktaëder und 28 Dyakisdodekaëder. Einige Beispiele von Combination geben die beistehenden Figuren, welche Krystalle von Elba und Traversella darstellen. Fig. 1 ist (100), π (210); Fig. 2 ist (111) mit π (210); die Fig. 3 gibt π (210) mit π (421). Letzteres Zeichen aus den Zonen [001 : 210] und [100 : 021] zu berechnen. Fig. 4 ist (100) und (111) mit $s = \pi$ (321); Fig. 5 zeigt die beiden letzteren Formen an π (210) als Träger der Combination; Fig. 6 stellt eine complicirtere Combination dar, welche ausser dem Hexaëder und Oktaëder noch $e = \pi$ (210), ferner $t = \pi$ (421) und $n =$ (211) darbietet.

Die Flächen des Hexaëders sind häufig parallel den abwechselnden Kanten gerieft (s. Fig. 35 auf pag. 27), die Flächen des Pyritoëders im selben Sinne,

Digitized by Google

nämlich parallel den Combinationskanten mit dem Hexaëder, an den Oktaëderflächen ist auch öfters eine Riefung parallel den Combinationskanten mit dem Pyritoëder bemerkbar. Beim Aetzen mit Salpetersäure bilden sich Aetzfiguren, welche im Sinne dieser Riefungen gestreckt sind und den pyritoëdrischen Charakter auch auf den Hexaëder- und Oktaëderflächen anzeigen. Die Krystalle sind oft schwebend gebildet und dann bisweilen ziemlich gross, wie manche Exemplare von Elba und aus Cornwall. Stabförmig verzerrte oder auch kreuzförmig aussehende Krystalle werden öfters beobachtet, letztere entsprechen den vorgenannten Durchkreuzungs- oder Ergänzungszwillingen. Häufig sieht man Drusen, ferner kugelige, traubige, nierförmige Gestalten, sehr oft aber derbe und eingesprengte Vorkommen von körniger Textur. Spiegelflächen in Klüften sind nicht selten.

Der Bruch der Individuen ist muschelig, die Spaltb. nach dem Hexaëder ist kaum bemerklich. Die Härte ist grösser, als sie sonst an den gewöhnlicheren Kiesen beobachtet wird, nämlich 6 . . 6·5, also etwas grösser, als die des Feldspathes. Die Farbe ist speisgelb, ein helles Gelb mit etwas Grau, manchmal zeigt sich ein satteres Gelb, durch Anlaufen wird die Oberfläche braun, selten bunt. Der Strich ist bräunlichschwarz.

Der Eisenkies leitet zwar die Elektricität, doch zeigt er Strömen gegenüber einen starken Widerstand. Die thermoëlektrischen Eigenschaften wurden von mehreren Beobachtern geprüft. G. Rose glaubte, weil die einen Krystalle einen Strom im positiven, die anderen im negativen Sinne geben, eine Analogie mit der positiven und negativen Stellung der Krystalle (vergl. pag. 74) gefunden zu haben, doch ist letztere Verschiedenheit nur eine geometrische und bisher noch niemals durch physikalische Unterschiede bekräftigt worden. Stefan fand an einem holoëdrischen Mineral, dem Bleiglanz, das eine und das andere Verhalten, Schrauf und E. Dana beobachteten dasselbe an anderen holoëdrischen Mineralen, daher die Hemiëdrie nicht die Ursache jener Verschiedenheit sein kann. (Sitzungsbericht d. Wiener Akad., Bd. 69, März 1874.) Der Magnetismus ist ungemein gering, da nur die sehr empfindlich gemachte Magnetnadel eine schwache Wirkung zeigt, dem Elektromagneten gegenüber ist er paramagnetisch.

Das G. schwankt zwischen 4·9 und 5·2. Für den reinen Eisenkies gibt Zepharovich 5·185 an.

Die chem. Zus. ist FeS_2, entsprechend 46·67 Eisen und 53·33 Schwefel, doch wurden öfters geringe Beimischungen von Nickel, Kobalt, Kupfer, Zinn, Arsen, auch von Thallium, ferner Spuren von Gold und Silber beobachtet. Im Kölbchen liefert er ein Sublimat von Schwefel, worauf Fe S zurückbleibt, v. d. L. erhitzt, entzündet er sich und brennt mit blauer Flamme, worauf er ebenfalls eine dem Magnetkies entsprechende Substanz hinterlässt. Durch Salpetersäure wird er unter Abscheidung von Schwefel gelöst, durch Salzsäure aber fast gar nicht angegriffen. Die künstliche Darstellung gelang Wöhler durch Erhitzen eines Gemenges von Eisenoxyd, Schwefel und Salmiak, nachdem man die Bildung bei der Sublimation des Salmiaks in gusseisernen Gefässen beobachtet hatte.

Der Eisenkies ist eine ungemein verbreitete Mineralgattung, welche sowohl unter den Gangmineralen, als auch unter den Accessorien aller Gesteinsarten vertreten ist. („Hanns in allen Gassen" bei Henckel in dessen Kieshistorie, 1725.) Die wechselnde Paragenesis verräth eine mannigfache Bildungsweise, daher viele Arten unterschieden werden können. Auf den Erzgängen ist er der gewöhnliche Begleiter, auch auf Zinnsteingängen, die sonst nicht reich an Sulfiden sind, ferner auf vielen Mineralgängen. Wo Schwefelverbindungen vereinigt sind, ist er überall zu Hause, bald als primäre Bildung, bald als ein indirecter Absatz, pseudomorph nach Magnetkies, wie auf den Gängen von Přibram und Rodna, nach Kupferkies und Arsenkies auf jenen von Freiberg, nach Silberglanz, Stephanit, Rothgiltigerz bei Freiberg und Joachimsthal. Bei Přibram überkleidet er Baryt oder verdrängt denselben, auf anderen Gängen finden sich hohle Rinden mit den Formen des Fluorits, Kalkspathes etc. Als Gangmineral und zugleich unzweifelhaft als Absatz aufsteigender Quellen gebildet, findet er sich in den Steigrohren von Thermen, z. B. bei Deutsch-Altenburg mit Calcit, bei Aachen etc. In den stockförmigen Massen von Magnetit bei Traversella, von Eisenglanz auf Elba bildet er schöne Drusen, hier und in dem Eisenglimmer der Spatheisenlagerstätte von Waldenstein in Kärnten oft einzelne schöne Krystalle.

In den krystallinischen Schiefern ist er bald in einzelnen schwebenden Krystallen, bald in derben Massen verbreitet, welche linsenförmig oder lagerartig auftreten, wohl auch die Gesteine durchtrümern. Sein Begleiter ist hier oft der Quarz, namentlich, wenn er mit Gold vorkommt. Er bildet theils für sich, theils mit Kupferkies und Magnetkies Lagerstätten, wie bei Schmöllnitz in Ungarn, Trondhjem in Norwegen, Ducktown in Tennessee, öfters tritt er in der Form von Fahlbändern (pag. 273) auf. In den Phylliten und den älteren sedimentären Schiefern ist die Verbreitung ähnlich, aber sparsamer. Hier ist er oft gleichförmig als accessorischer Bestandtheil, ferner als feine Imprägnation vertheilt. Die bläuliche Farbe vieler Kalksteine und Thone schreibt man ihm zu. In den jüngeren Bildungen, im Thon und Mergel, bildet er häufig Concretionen, sog. Mergelnüsse, auch einzelne Krystalle und Gruppen. Oft ist er mit pflanzlichen Ueberresten verbunden in den älteren Kohlen und Braunkohlen, selten im Torfe, ferner findet er sich als Verdränger der organischen Substanz in Vererzungen von Pflanzenresten häufig, manchmal auch in der Form von Ammonitenschalen etc. Alle diese Bildungen sind auf einen Reductionsprocess zurückzuführen (p. 296), welcher durch das Vorkommen von neugebildetem Schwefelkies in Sümpfen deutlich gemacht wird. Als Neubildung erscheint er ferner in zersetzten Eruptivgesteinen sehr häufig, besonders an Stellen, wo Exhalationen von Schwefelwasserstoff stattfinden, in den Solfataren.

Die Veränderungen, welche der Eisenkies erfährt, gehören dem Bereiche der Verwitterung an. An der Luft verwandelt er sich in Eisenvitriol und freie Schwefelsäure (pag. 298), letztere zerstört in der Nachbarschaft befindliche organische Substanzen, verwandelt etwa vorhandenen Kalkspath in Gyps, zersetzt mitvorkommenden Thon und bildet Thonerdesulfat etc. Thonschiefer, welche mit Eisenkies imprägnirt sind, sog. Alaunschiefer, wurden daher in früherer Zeit nach

der Verwitterung zur Alaunbereitung verwendet. Wodurch das ungewöhnlich rasche Vitrioleseiren mancher Stufen bedingt wird, ist noch unbekannt. Oft erzeugt sich aus dem Vitriol untergeordnet ein gelbes basisches Eisenoxyd-Sulfat, dem Misy ähnlich. Bei der Einwirkung sauerstoffhaltiger Wässer unter Gegenwart von Carbonaten verwandelt sich der Eisenkies in Göthit (pag. 302), secundär in Hämatit. Oft finden sich Krystalle, die blos eine braune Rinde zeigen, im Innern aber frisch sind. Die Verwitterung schreitet hier oft schichtenweise oder überhaupt regelmässig vor (Blum, Pseudom., 3. Nachtr., pag. 184. E. Geinitz, Jahrb. f. Min. 1876, pag. 478).

Der Pyrit kommt zur Verwendung bei der Bereitung von Schwefelsäure, auch von Schwefel, worauf der aus Eisenoxyd bestehende Rückstand oft als Farbe oder Polirmittel benützt wird, ferner als Zuschlag bei manchen Hüttenprocessen. Vieler Eisenkies wird wegen der Beimengung von Kupferkies, mancher wegen des Goldgehaltes aufbereitet und verhüttet. Ehedem wurde das Mineral auch wie der Feuerstein gebraucht (Büchsenstein), womit der Name Pyrit im Zusammenhange steht, doch verstand man im Alterthum unter πυρίτης erstens das heute als Feuerstein bezeichnete Mineral, zweitens den Eisenkies, der aber vom Kupferkies nicht unterschieden wurde.

Markasit *Haidinger* (Wasserkies).

Die oft vorkommenden Krystalle sind rhombisch, theils von prismatischem, theils von tafelförmigem Habitus. Die gewöhnlichen Formen sind $M = (110)$, $l = (011)$, $P = (001)$, ferner $r = (013)$, $g = (101)$, $c = (111)$. Die Aehnlichkeit der Combinationen mit jenen des Arsenkieses ist gross, die Gestalten, Fig. 1 und 2, des letzteren wiederholen sich beim Markasit. In den Winkeln herrscht aber ein ziemlich starker Unterschied: (110) 73° 55′, (011) 80° 20′, (101) 115° 8′, nach Miller. Die Flächen P und r sind häufig ihrer Durchschnittskante parallel gerieft. Zwillingsbildungen sind häufig und von zweierlei Art: nach (110) und nach (101). Oft sieht man kugelige, nierförmige, stalaktitische Krystallgruppen und dementsprechende strahlige Aggregate. — Spaltb. undeutlich (110), Bruch uneben, Härte wie beim Eisenkies, G. aber verschieden = 4·65 bis 4·88. Die Farbe ist licht speisgelb, in grau oder grün geneigt, also heller und weniger rein, als die des Pyrits, auch wird der Markasit durch Anlaufen matt und grau, der Strich ist dunkel grünlichgrau.

In chemischer Beziehung existirt zwischen Pyrit und Markasit kein Unterschied, so dass eine Dimorphie der Substanz FeS_2 anzunehmen ist, obwohl es bisher noch nicht gelang, die rhombische Form künstlich darzustellen.

Das Vorkommen ist ungefähr dasselbe wie beim Eisenkies, doch ist der Markasit in den Massengesteinen und krystallinischen Schiefern nicht so häufig vertreten, wohl aber auf Gängen, z. B. bei Clausthal, Schemnitz, Freiberg. Daselbst findet er sich oft in Drusen, theils in einfachen Krystallen, theils in Zwillingsbildungen. Die einfachen Zwillinge nach 110, wie in Fig. 2, sind seltener, die Wiederholungszwillinge, Fig. 4, werden als Kammkies bezeichnet. Die stängeligen und faserigen Aggregate werden Strahlkies genannt. Als secundäre

Bildung erscheint er pseudomorph nach denselben Mineralen wie der Eisenkies, er zeigt dann gewöhnlich eine dichte Textur bei halbmetallischem Aussehen und geringem Glanze als Leberkies.

In den sedimentären Gesteinen findet er sich als Verdränger von organischer Substanz beinahe häufiger als der Eisenkies, ebenso in Concretionen und in stalaktitischen Formen, oft aber bildet er daselbst Krystalle, welche sich zu Wendezwillingen vereinigen, wie in Fig. 3, an welcher die Spitze vier Individuen. nach 110 und 110 verwachsen zeigt, während im Uebrigen sich dieselben Stellungen wiederholen. Diese und ähnliche Formen, als Speerkies bekannt, trifft man besonders schön bei Littmitz und Altsattel in Böhmen, bei Folkestone in

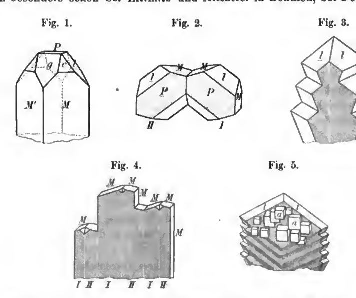


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

England im Thon. An dem Speerkies aus Böhmen sieht man die regelmässige Verwachsung mit Pyrit oft sehr deutlich. Der Pyrit lagert sich so auf, dass eine Würfelfläche mit der *P*-Fläche parallel ist, ferner stellt sich eine andere Würfelfläche parallel zu einer 110-Fläche des Markasits. Fig. 5. Nach einem zweiten Gesetze lagert sich, wie Sadebeck (Ann. Chem. Phys. Ergänzbd. 8) zeigte, eine 110-Fläche des Pyrits parallel zur 010-Fläche des Markasits.

Unter den Neubildungen in Absätzen von Schwefelquellen, in Sümpfen, dürfte der Markasit auch vorkommen, da zwischen den beiden heteromorphen Kiesen oft nicht schärfer unterschieden wird. Die Verwitterungserscheinungen sind dieselben wie beim Eisenkies, auch erfährt der Markasit dieselbe Verwendung, namentlich zur Bereitung von Schwefelsäure.

Der Name Markasit ist, wie es scheint, arabischen Ursprungs und bezog sich ehedem auf den Eisenkies.

Der Weicheisenkies und der Kyrosit Breithaupt's gehören zum Markasit, ebenso der Kausimkies oder Lonchidit Breith., welcher durch einen Arsengehalt auch eine Aehnlichkeit mit Arsenkies gewinnt.

Digitized by Google

Magnetkies (Pyrrhotin *Haidinger*).

Selten krystallisirt und in den bisweilen vorkommenden grossen matten Krystallen nicht mehr unverändert erhalten. Die Form wird für hexagonal gehalten, wofür namentlich Streng eintritt. Die gewöhnliche Comb. ist das Prisma mit der Basis, selten ist auch die Pyr. vorhanden. Winkel (10$\bar{1}$1) 53° 10′ nach Miller. Gewöhnlich findet er sich nur in derben körnigen Massen, welche eine auffallende schalige Zusammensetzung zeigen, oder auch ohne diese und eingesprengt. Die Schaligkeit parallel der Basis wurde früher für Spaltb. gehalten, er ist aber nur nach d. Prisma unvollk. spaltb. H. = 3·5 .. 4·5, bronzegelb, zwischen speisgelb u. kupferroth, jedoch bald tombackbraun anlaufend, Strich graulichschwarz. Der Magnetismus ist deutlich, doch nicht an allen Stücken gleich. Die empfindlich gemachte Magnetnadel zeigt öfters auch eine Polarität an. G. = 4·54 .. 4·64. — Die chem. Zus. weicht von dem Verhältnis FeS wenig ab, doch ist immer etwas mehr Schwefel vorhanden, aber in schwankendem Verhältnisse, so dass eine bestimmte Formel nicht angegeben werden kann. Der M. von Bodenmais ist nach Habermehl $Fe_7 S_8$. Viele Magnetkiese enthalten etwas Nickel. Im Kölbchen geglüht, verändert sich die Probe nicht. V. d. L. auf Kohle im Reductionsfeuer zur grauschwarzen Masse schmelzbar, durch Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Abscheidung von etwas Schwefel löslich. Die künstliche Darstellung ist noch nicht gelungen. In den Meteorsteinen wurden Krystalle von derselben Form und Zus. gefunden.

Der Magnetkies findet sich bisweilen als accessorischer Gemengtheil in älteren Massengesteinen, z. B. in Syenit, Gabbro; in grösseren Mengen als Hauptbestandtheil von Lagerstätten, welche in krystallinischen Schiefern unregelmässig linsenförmig auftreten, ausserdem Pyrit, Kupferkies, auch Bleiglanz und verschiedene Silicate mitführen, wie bei Bodenmais in Baiern, Fahlun in Schweden, Ducktown in Tennessee, oder stockförmig, wie im Val-Sesia in Piemont; endlich ist er mehr sporadisch auf verschiedenen Erzgängen verbreitet und bildet hier öfters deutliche Krystalle, wie auf den Gängen von Andreasberg, Kongsberg, Kupferberg, Bottino. Als Gangmineral ist er ganz gewöhnlich der Umwandlung zu Markasit oder Pyrit ausgesetzt, wie bei Rodna, Příbram, Freiberg; auch die grossen Krystalle von St. Leonhard in Kärnten sind gewöhnlich solche Pseudomorphosen. Bei der Verwitterung liefert er Eisenvitriol Der nickelhaltige wird gegenwärtig auch bei geringerem Gehalte verarbeitet.

Nahe verwandt ist der Silberkies oder Argentopyrit S. v. Waltersbausen's, der bei Joachimsthal, Freiberg, Marienberg, Andreasberg etc. in sechsseitigen Kryställchen angetroffen wurde, die sich öfters als rhombische Drillinge erweisen, immer silberhaltig sind, jedoch gewöhnlich im Bruche wie Leberkies aussehen. Manche sind als Pseudomorphosen leicht erkennbar. Der Argyropyrit Weisbach's gehört auch zu diesen Mineralen. Chemisch nahe verwandt sind der Sternbergit Haidinger's und der Frieseit Vrba's, beide rhombisch, die aber durch ihre geringe Härte (bis 1·5) auffallen. Der Eisennickelkies Scheerer's von tesseraler Form enthält FeS und NiS, ihm ähnlich ist der Polydymit Laspeyres', der aber nur wenig Eisen enthält.

Millerit *Haidinger* (Nickelkies, Haarkies).

Haarförmige oder nadelförmige, bald büschelig, bald verworren gruppirte Krystalle, an welchen Miller eine rhomboëdrische Endigung mit dem R.-Winkel 35°52′, ferner ein sechsseitiges und zwei dreiseitige Prismen beobachtete. — H. = 3·5; messinggelb bis speisgelb, zuweilen grau oder bunt angelaufen. G. = 5·26 bis 5·30. — Chem. Zus.: NiS, entsprechend 64·5 Nickel und 35·5 Schwefel. V. d. L. zur glänzenden Kugel schmelzbar, durch Salpetersäure auflöslich. Riechelsdorf, Přibram, im Steinkohlengebirge bei Saarbrücken und Dortmund, bei Nanzenbach etc. meist mit Eisenspath oder Pyrit.

Dem Millerit verwandt und mit demselben öfters verwachsen ist der Beyrichit Liebe's, doch enthält er mehr Schwefel, der Horbachit ausserdem auch Eisen. Der Melonit Genth's, welcher kleine sechsseitige Täfelchen bildet, ist der Hauptsache nach Tellurnickel.

Der Kobaltkies (Kobaltnickelkies, Linnéit) zeigt bisweilen tesserale Krystalle, Oktaëder oft mit dem Würfel, Zwillingskrystalle nach 111, gewöhnlich ist er derb und eingesprengt. H. = 5·5; röthlich silberweiss, oft gelblich angelaufen. G. = 4·8 bis 5·0. — Chem. Zus.: Co_3S_4, jedoch meistens in isomorphor Mischung mit der entsprechenden Nickel- und Eisenverbindung, auch kupferhaltig. Müsen, Ryddahytta, in Maryland und Missouri.

Siegenit nennt Dana die nickelreichen Kobaltkiese; der Carrolit Faber's ist kupferhaltig, und zwar hat derselbe ungefähr die Zus.: $CuCo_2S_4$.

Kupferkies (Chalkopyrit *Henckel*).

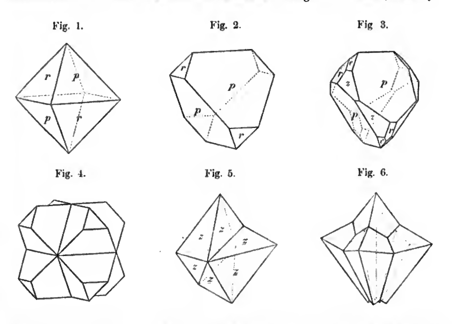
Durch seinen Kupfergehalt und die starke Verbreitung der nützlichste aller Kiese. Krystalle sind ziemlich häufig, doch öfters schwer zu entziffern. Die Form derselben ist tetragonal, in den Winkeln der tesseralen genähert, daher sie von den älteren Mineralogen für tesseral gehalten wurde, bis Haidinger dieselbe richtig bestimmte. Die oktaëdrisch aussehenden Krystalle sind eine Combination des positiven und des negativen Sphenoides. Sadebeck (Zeitsch. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 20 u. 21) nimmt die glatten Flächen für das negative, die gewöhnlich gerieften oder matten für das positive Sphenoid. Der Winkel der herablaufenden Kante $p:r$ ist 70°7′, der horizontalen $p:r$ aber 71°20′. Beim Oktaëder wären beide gleich und 70°32′. Häufig sind ausserdem $e = (101)$, $z = (201)$, $c = (001)$, $m = (110)$, auch Skalenoëder kommen vor, darunter $\varkappa$ (313) selbstständig.

Die grosse Mehrzahl der Krystalle sind Zwillingsbildungen, und zwar Ergänzungszwillinge, entsprechend der Fig. 4, ferner einfache Zwillinge und Wiederholungszwillinge nach 111, ähnlich wie der Spinellzwilling auf pag. 89, oder wie jener in Figur 5 mit den Flächen der verwendeten Pyramide, bisweilen Fünflinge nach diesem Gesetze, indem an die vier unteren Flächen (111) eines Krystalls vier andere angelagert erscheinen, Fig. 6. Zwillinge nach 101 kommen auch vor. (Fletcher, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 7, pag. 321.)

Gewöhnlich findet sich der Kupferkies derb und eingesprengt. Der Bruch ist muschelig bis uneben, die Spaltb. nach z ist undeutlich. H. = 3·5..4, Farbe messinggelb bis goldgelb. Durch die geringe Härte und durch die Farbe ist er leicht vom Eisenkies zu unterscheiden. Zuweilen ist er bunt angelaufen. Strich grünlich schwarz. G. = 4·1 bis 4·3. — Chem. Zus. $CuFeS_2$ entsprechend 34·6 Kupfer, 30·5 Eisen, 34·9 Schwefel, bisweilen mit Spuren von Selen oder

Thallium. V. d. L. zerknistert er, entwickelt etwas schwefelige Säure und schmilzt auf Kohle unter Sprühen leicht zur schwarzen magnetischen Kugel. Durch Salpetersalzsäure ist er unter Abscheidung von Schwefel auflöslich. Krystalle von derselben Form und Zusammensetzung wurden unter den zufälligen Hüttenproducten beobachtet.

Das Auftreten des Kupferkieses ist ein mannigfaltiges, da er auf sehr verschiedenen Lagerstätten und in wechselnder Paragenese gefunden wird. Meistens erscheint er als primäre Bildung. Die Krystalle sind immer sitzend gebildet, einzeln und in Drusen mit anderen Mineralen auf Gängen im Granit, den kry-



stallinischen Schiefern und älteren Thonschiefern, wie bei Clausthal, Freiberg, Schneeberg, in Gesellschaft von Zinnerzgängen und auch auf denselben in Cornwall, wo er sich zuweilen in Pseudomorphosen nach Kupferglanz finden soll, ferner bei Schlackenwald, Graupen u. a. O. Bei Dillenburg in Nassau u. a. O. bildet er Gänge im Diabas. Am Monte Catini in Toscana setzt der Gang im Melaphyr und Serpentin auf. Manche dieser Gänge sind gegen die Erdoberfläche zu durch Verwitterung reich an Malachit, Rothkupfererz, enthalten auch andere secundäre Bildungen, wie Brochantit, Libethenit etc. So bei Gumeschowsk und Nischne Tagilsk im Ural, wo die Gänge einen Diorit durchsetzen. In der Nachbarschaft des letzteren Fundortes fand sich Kupferkies pseudomorph nach Magnetit. Die unregelmässigen Magnetkies-reichen Lagerstätten von Bodenmais, Fahlun wurden beim Magnetkies erwähnt, interessant ist auch das Vorkommen mit Augit, Pyrit, Bleiglanz, Blende vom Monte Calvi in strahligen Sphäroiden. Mit Eisenspath, Ankerit, Pyrit bildet der Kupferkies Lager und Linsen an mehreren Punkten der Alpen, wie bei Mitterberg, Kitzbühel. In Hohlräumen

Digitized by Google

solcher Lagerstätten finden sich oft schöne Krystalle, wie bei Horhausen, Müsen. Die grösste Verbreitung geniesst er in Verbindung mit Eisenkies in den krystallinischen Schiefern und älteren Thonschiefern, wo die Kiese meist lager- oder linsenförmig auftreten, so bei Schmöllnitz in Ungarn, am Rammelsberg bei Goslar am Harz, bei Wicklow in Irland, bei Trondhjem in Norwegen, wo das Gemenge oft nur wenig Kupfer enthält, doch aber den Abbau lohnt. Als Imprägnation und in der Form von dünnen Lagen, welche oft nur die Dicke einer Messerklinge haben, mit Kupferglanz im bituminösen Mergelschiefer bei Mannsfeld, Bieber. Als Neubildung hat man Kryställchen in den kupfernen Röhren gefunden, durch welche das Thermalwasser der Margaretheninsel bei Pest geleitet wurde.

Der Kupferkies unterliegt öfters der Umwandlung in Kupferglanz Cu_2S und in Covellin CuS. Verdoppelt man die Formel des Kupferkieses, so ergibt sich $Cu_2Fe_2S_4$, was man $Cu_2S . Fe_2S_3$ schreiben kann. Letztere Formel, welche die Entstehung des Kupferglanzes durch Verlust von Fe_2S_3 erklärt, hält Knop (Jahrb. f. Min. 1861, pag. 513) für die rationelle Formel des Kupferkieses. Da der Covellin blau ist, so erklärt sich die häufig vorkommende blaue Anlauffarbe des Kupferkieses in Folge oberflächlicher Covellinbildung. Durch eine weiter vorschreitende Verwitterung liefert er gleichzeitig Eisenvitriol und Kupfervitriol, bei Gegenwart von Carbonaten aber Brauneisenerz und Malachit, auch Azurit. Auf Gängen bilden sich aus der Substanz des Kupferkieses auch noch andere secundäre Minerale, wie Kieselkupfer, Kupferpecherz.

Der K. ist zwar nicht das beste, wohl aber das verbreitetste Kupfererz. Aus demselben wird gegenwärtig das meiste metallische Kupfer, welches in den Handel kommt, gewonnen. Die Darstellung ist umständlich, da nur allmälig der Schwefel und das Eisen durch Oxydation und Schlackenbildung entfernt werden können. Aus dem Gemenge von Kupferkies und Eisenkies wird das Kupfer häufig dadurch erhalten, dass man es aus den Röstungsrückständen in Lösung überführt und durch hineingelegtes Eisen fällt (Cementkupfer). Das Metall wird theils im reinen Zustande verarbeitet, theils in Legirungen übergeführt. Messing und Tomback sind Kupfer-Zink-Legirungen, die gewöhnliche Bronze ist eine Kupfer-Zinn-Legirung. Die Legirungen mit Gold, Silber, Nickel wurden früher erwähnt.

Buntkupferkies (Buntkupfererz, Bornit, *Haidinger*).

Die seltenen Krystalle sind tesseral. Gewöhnlich findet er sich derb, eingesprengt, von muschligem bis unebenen Bruche. H. = 3, ziemlich milde. Die kupferrothe bis tombackbraune Farbe sieht man blos auf dem frischen Bruche, da er bald blau oder roth anläuft. G. = 4·9 bis 5·1. Die chem. Zus. schwankend, oft auf eine Mischung von Cu_2S, CuS und FeS deutend, bisweilen im Verhältnis Cu_3FeS_3. V. d. L. schmilzt er zur stahlgrauen Kugel, durch conc. Salzsäure ist er unter Abscheidung von Schwefel auflöslich. Das Auftreten gleicht dem des Kupferkieses, welchen er begleitet. Freiberg, Dognaczka, Mannsfeld. Auf den Gängen in Cornwall wurde an Pseudomorphosen die Bildung aus Kupferglanz Cu_2S beobachtet. Er wird wie der Kupferkies verwendet.

Aehnliche Minerale sind der Homichlin, Barnhandtit, Cnban. In dem Zinnkies (tetraëdrisch) ist aber auch Zinn bis zu 32 Perc., ferner etwas Zink enthalten.

Hier mag noch erwähnt werden, dass in Gesellschaft des Platins auch eine Schwefelverbindnng der Platingrnppe, der tesserale Laurit Rn, Os und S enthaltend gefnnden wnrde.

2. Ordnung. Glanze (Galenoide).

Unter dieser Ordnung sind jene Lamprite begriffen, welche einfache Verbindungen darstellen, Metallglanz, vorherrschend dunkle Farben, gleichartigen Strich und geringe Härte, gewöhnlich 2·5 bis 3, besitzen. Sie lassen sich als Schwefelglanze, Selenglanze und Tellurglanze unterscheiden, wozu noch ein kleiner Anhang kommt.

Interessant ist die Isomorphie der folgenden:

tesseral:	tesseral:	rhombisch:
Ag_2S Silberglanz	PbS Bleiglanz	Cu_2S Knpferglanz
Cu_2S künstlich	$PbSe$ Clausthalit	Cu_2S } Stromeyerit
Ag_2Se Naumannit	$PbTe$ Altait	Ag_2S } Stromeyerit
Ag_2Te Hessit.		

a) Schwefelglanze.

Kupferglanz (Chalkosin *Beudant*, Redruthit *Nicol*).

Ein gern gesehenes und nicht selten vorkommendes Kupfererz. Die Krystalle, welche leicht anlaufen, sind rhombisch mit dem Prismenwinkel (110) 60° 25′. Dieser bedingt schon eine Aehnlichkeit mit hexagonalen Formen, welche



Fig. 1. Fig. 2.

durch die Ausbildungsweise oft noch erhöht wird. Die gewöhnlichen Formen sind $c = 001$, $m = (110)$, $b = (010)$, $z = (113)$, $d = (021)$, $e = (023)$. Die Flächen c, e, b sind gewöhnlich gerieft. Winkel $001 : 023 = 32° 54′$.

Zwillinge nach 110 sind häufig, seltener solche nach 112. Die Krystalle finden sich einzeln sitzend oder in Drusen, gewöhnlich ist das Mineral derb, eingesprengt. Spaltb. unvollk. nach (110), Bruch muschelig bis uneben, H. = 2·5 .. 3, sehr mild, schwärzlich bleigrau, Strich ebenso, etwas glänzend. G. = 5·5 bis 5·8. Chem. Zus.: Cu_2S, entsprechend 79·9 Kupfer, 20·1 Schwefel, öfters mit etwas Eisen. V. d. L. färbt er die Flamme blau, schmilzt nnter Spritzen, durch Salpetersäure ist er unter Abscheidung von Schwefel auflöslich. Wird Kupferglanz geschmolzen, oder wird die Substanz Cu_2S durch Zusammenschmelzen der einfachen Stoffe dargestellt, so erhält man oktaëdrische Krystalle, was eine Dimorphie der Substanz Cu_2S ergibt. Kryställchen von der Form und Beschaffenheit des Kupferglanzes wurden bei Plombières als Product der Einwirkung der Therme auf Bronzegegenstände gefunden.

Im Auftreten stimmt das Mineral mit dem Kupferkies überein, mit dem es oft vorkommt, doch ist es weniger häufig. Die schönsten Krystalle kommen von

den Gängen in Cornwall, auch die Gänge bei Freiberg, Siegen, Saalfeld u. a. liefern krystallisirten Kupferglanz. Merkwürdig ist das Auftreten in dem bituminösen Mergelschiefer bei Mannsfeld, wo er mit Kupferkies und Buntkupferkies gemengt ist (vergl. Kupferkies), ebenso sind es die Funde bei Frankenberg in Hessen, wo er mit den Resten von Araucarien und Farnen, diese zum Theil verdrängend, beobachtet wurde.

Der Kupferglanz unterliegt oft der Veränderung zu Covellin CuS, welche nach Knop durch Behandlung mit Salzsäure unter Einwirkung der Luft nachgeahmt werden kann. $CuCuS + O + 2HCl = CuS + CuCl_2 + H_2O$. Das Kupferchlorid geht in Lösung. Bei der Verwitterung liefert der Kupferglanz oft Kupfervitriol, bei Gegenwart von Carbonaten Malachit, auch Azurit. In den älteren Sandsteinen am südlichen Fusse des Riesengebirges und an anderen Orten ist er grösstentheils in dieser Weise verwandelt.

Breithaupt's Cuprëin und Digenit gehören zum Kupferglanz. Der Harrisit, welcher die chem. Zus. des Kupferglanzes besitzt, soll eine Pseudomorphose nach Bleiglanz sein.

Covellin *Beudant* (Kupferindig, *Breithaupt*).

Dieses blaue Mineral, welches häufig als secundäre Bildung mit Kupferkies und Kupferglanz vorkommt, hat im reinen Zustande die chem. Zus. CuS, das G. 4·6 und geringe Härte (1·5 . . 2). Es wurde auch in hexagonalen Krystallen beobachtet. Covelli fand es in Vesuvlava. In grösseren Mengen wird es in Chile, Bolivia, besonders auf der Insel Kawau bei Neuseeland gefunden. Der hexaëdrisch spaltbare Cantonit von derselben Zus. scheint eine Pseudomorphose nach Bleiglanz zu sein, ebenso der Alisonit, welcher viel Schwefelblei enthält.

Silberglanz (Argentit, *Haidinger*, Glaserz).

Durch seine Geschmeidigkeit auffallend. Agricola kennt schon diese Eigenschaft, die ungarischen Bergleute nannten ihn Weichgewächs zum Unterschiede von dem Röschgewächs (Stephanit). Die Krystalle sind tesseral, gewöhnlich Würfel, aber auch häufig die Formen (111), (110), (211), auch sind Zwillinge nach 111, welche gewöhnlich als Durchdringungen, wie Fig. 197 auf pag. 89, erscheinen, unter den Krystallen von Freiberg nicht selten. Krystallstöcke verschiedener Art, welche oft wie Zweige und Aeste aussehen, gestrickte Formen von grosser Schönheit zeichnen dieses Mineral aus. Die Krystalle sehen aber oft krumm und verzerrt aus. H. = 2 . . 2·5, Bruch hackig. Ist schwärzlich bleigrau, wenig glänzend, oft schwarz oder braun angelaufen. Lässt sich schneiden und prägen. G. = 7 bis 7·4. Chem. Zus.: Ag_2S entsprechend 87·1 Silber und 12·9 Schwefel, demnach ein sehr werthvolles Silbererz. V. d. L. auf Kohle unter Anschwellen schmelzbar, gibt nach längerer Behandlung ein Silberkorn, ist durch conc. Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel auflöslich.

Die Stufen von den silberreichen Gängen Sachsens, namentlich aus dem Gebiet von Freiberg, sind in den Sammlungen gewöhnlich. Von dort kennt man die schönsten Krystalle und gestrickten Formen. Die zahnförmigen und moosförmigen

Gestalten dürften meist Pseudomorphosen nach gediegen Silber sein. Auf den Kobalt- und Nickelerze führenden Gängen von Schneeberg, Annaberg, Marienberg, Johanngeorgenstadt wurde der Silberglanz auch öfters gut krystallisirt gefunden. Alle diese Vorkommen liegen im alten krystallinischen Gebirge. Bei Schemnitz und Kremnitz, wo die Gänge zum Theil in trachytischen, also jungeruptiven Gesteinen aufsetzen, spielt der Silberglanz auch eine wichtige Rolle.

Auf Gängen in Peru, Chile, Mexico ist er oft vertreten. Der berühmte Comstockgang in Nevada, welcher die unglaubliche Mächtigkeit von 150 bis 190 Metern erreicht, besteht aus einer Füllmasse von Nebengestein (Quarzandesit) und Quarz mit Silbererzen, unter denen Stephanit und Silberglanz vorwiegen.

Manche Stufen von Silberglanz, namentlich die ungarischen sind mit Pyrit überzogen, welcher den Silberglanz theilweise verdrängt. Die Bildung von Silberglanz aus Rothgiltigerz ist auf mehreren Gängen an Pseudomorphosen erkannt worden, doch wurde auch der entgegengesetzte Vorgang, nämlich die Verwandlung des Silberglanzes in Rothgiltigerz, von Blum beobachtet.

Der Akanthit Kenngott's, welcher bei Freiberg, Annaberg, Joachimsthal, Wolfach beobachtet wurde und gleichfalls die Zns. Ag_2S hat, ist nach Dauber's Messungen rhombisch, und es wird von Manchen eine Isomorphie mit Kupferglanz angenommen, obwohl die spitzigen Krystalle keine Aehnlichkeit mit jenen des letzteren Minerales zeigen. Der Silberkupferglanz (Stromeyerit) enthält beide Sulfide Ag_2S und Cu_2S und ist mit Kupferglanz isomorph. Der Jalpait, welcher mehr von dem ersten Sulfid enthält, ist tesseral.

Bleiglanz (Galenit, *Kobell*).

Die unvergleichliche Spaltbarkeit nach dem Würfel und der intensive Metallglanz machen das Mineral auffallend und leicht erkennbar, daher war es schon im Alterthum als Galena wohl bekannt. Die häufig vorkommenden Krystalle haben zuweilen bedeutende Grösse, sitzen theils einzeln, theils in Drusen beisammen. An der Mehrzahl ist der Würfel herrschend oder es sind Würfel- und Oktaëderflächen gleichzeitig ausgebildet, auch kommt das Oktaëder öfter selbstständig vor. Sonst sind (110), (211), (221) häufig. An den Krystallen von Neudorf spielen die Triakisoktaëder eine Rolle, wie in Fig. 3 die Flächen von (221) und (331). Man kennt 5 verschiedene Triakisoktaëder, 12 Ikositetraëder, 3 Hexakisoktaëder. Zwillingsbildungen nach 111 sind nicht selten, die Berührung findet entweder an der Zwillingsebene oder an einer dazu senkrechten Fläche statt. Manche Zwillinge erscheinen öfter tafelförmig nach 111 ausgedehnt, besonders jene von Gonderbach. Auf den Spaltflächen bemerkt man zuweilen auch feine Zwillingslamellen nach anderen Gesetzen eingefügt. (Sadebeck, Zeitschr. deutsch. geol. Gesellsch. Bd. 26. Zepharovich, Z. Kryst. Bd. I.) Die Krystalle sind öfters verzerrt, die Flächen erscheinen manchmal uneben, ja manche Krystalle sehen wie geflossen aus. Gestrickte und zellige Formen sind nicht häufig, bisweilen sind die Aggregate nierförmig oder auch stalaktitisch, Anflüge und Spiegel kommen nicht selten vor. Die körnigen Aggregate haben oft einen etwas schaligen Bau, erscheinen also im Querbruche streifig, auch sind sie bisweilen sehr feinkörnig.

Die tesserale Spaltbarkeit ist so vollkommen, dass sie bei jeder Art von Trennung auftritt und der Bruch nie zum Vorschein kommt. Eine oktaëdrische Spaltb. wird ausnahmsweise angegeben. H. = 2·5, mild. Wegen des ungemein starken Metallglanzes nennt ihn Quenstedt den Diamant unter den Erzen. In der dichten Form (Bleischweif) ist der Glanz freilich gering. Die Farbe ist bleigrau mit röthlichem Stich, Anlauffarben sind ungewöhnlich, der Strich graulichschwarz. G. = 7·3 bis 7·6.

Der chem. Zus. *PbS* entsprechen 86·6 Blei nnd 13·4 Schwefel, doch sind oft kleine Mengen von Eisen, Zink, Antimon, zuweilen auch Selen beigemischt. Der öfters vorkommende geringe Silbergehalt beträgt allerdings meist nur 0·01 bis 0·03 Percent, doch lohnt es bei grossen Bleiglanzmengen den Silbergehalt auszubringen, wofür Přibram ein Beispiel. V. d. L. zerknistert er meistens, auf

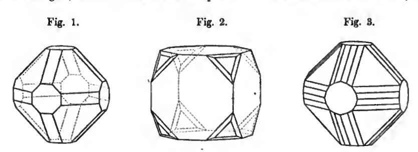


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Kohle schmilzt er später und gibt ein Bleikorn. Dieses wird durch längeres Blasen theils verflüchtigt, theils in Oxyd verwandelt und es bleibt nach diesem Abtreiben bei dem silberhaltigen ein kleinos Silberkorn zurück. Unter den zufälligen Hüttenproducten hat man schon öfters tesserale skelettartige Krystalle von der Zusammensetzung und Spaltbarkeit des Bleiglanzes gefunden, auch ist die künstliche Darstellnng der krystallisirten Verbindung auf mehreren Wegen gelungen. Als Neubildnng wurde dieselbe auf Bleiröhren der Therme von Bourbonne beobachtet.

Der Bleiglanz ist ein stark verbreitetes Mineral, das hauptsächlich in Gängen auftritt, wo es gewöhnlich mit Blende verbnnden, ferner von Quarz, Carbonaten, aber auch von Baryt, seltener von Fluorit begleitet ist. Seltener kommt es ganz allein vor. Die Gangfüllungen erscheinen meist als prächtig aussehende körnige Absätze oder als Drnsen. In jüngeren Ernptivgesteinen sind die Gänge oft bunt zusammengesetzt wie bei Kapnik, wo schöne Blende, Bonrnonit nnd Fahlerz zugleich vorkommen und der Bleiglanz pseudomorph nach Bournonit beobachtet würde, einfacher bei Rodna in Siebenbürgen. In Granit und krystallinischen Schiefern setzen quarzreiche Gänge, die auch Blende und Baryt führen, bei Linares in Spanien auf, solche, die Braunspath und Kiese führen, in der Gegend von Freiberg in Sachsen. Hier sieht man öfters die regelmässige Verwachsung von Bleiglanz mit gelber Blende (Schillernder Bleiglanz). In älteren sedimentären Gesteinen, besonders Thonschiefern hat man die Gänge bei Andreasberg am Harz, bei Přibram in Böhmen, mit Kalkspath, Siderit, Silbererzen etc. Hier ist der Einfluss der Diabasgänge doutlich bemerkbar (pag. 271). Die Gängo von Claus-

Digitized by Google

thal am Harz, von Mies in Böhmen, im rheinischen Schiefergebirge sind auch hierhergehörige Beispiele. In letzterem Gebiete ist das Vorkommen des sog. Blaubleierzes bei Berncastel bemerkenswerth. Bleiglanz erscheint in sechsseitigen Säulen psendomorph nach Pyromorphit.

Sehr charakteristisch ist das Auftreten der Füllnngen im Kalkstein und Dolomit. Der körnige Kalk von Tunaberg in Schweden, die alten Kalksteine vom Monte Poni auf Sardinien, von Derbyshire nnd Cnmberland in England, von Brilon und Iserlohn in Westphalen und im grössten Massstabe die Kalksteine bei Alpucharras an der Sierra Nevada in Spanion, in den Staaten Missouri, Illinois, Iowa, Wisconsin beherbergen in Gängen, Trümern nnd Nestern reiche Absätze, die anch öfters Höhlungen auskleiden, ähnlich die alpinen Kalksteine bei Bleiberg nnd Raibl in Kärnten. Ueberall ist die Auflösung, Aushöhlung und Verdrängung des Kalksteins durch den Absatz von Bleiglanz, Blende, Galmei, die oft mit einer Dolomitisirung des Kalksteines verbunden ist, deutlich ausgesprochen, bei Raibl sind die Ueberwachsungen von Bleiglanz durch Blende, ferner die stalaktitischen Formen dieser Vereinigung häufig zu beobachten.

Merkwürdig ist das Vorkommen im Buntsandstein bei Commern in der Eifel, wo der Bleiglanz rundliche sandige Concretionen bildet (Knottenerz). Als Vererzungsmittel wurde das Mineral von Blum beobachtet.

Veränderungen des Bleiglanzes gehören zu den gewöhnlichen Erscheinungen. Das Mineral erscheint oft zerfressen, erdig, mulmig, häufig von den gewöhnlichen Zersetzungsproducten Anglesit $PbSO_4$, Cerussit $PbCO_3$, bedeckt oder durchsetzt (s. pag. 301). Pseudomorphosen, welche die Umwandlung in Pyromorphit angeben, wurden auch öfters gefunden; aber auch viele andere secundäre Bildungen, wie Gelbbleierz, Mimetesit, Phosgenit, rühren ihrem metallischen Bestandtheile nach von Bleiglanz her.

Der grösste Theil des Bleies, welches in den Handel kommt, wird aus dem Bleiglanz dargestellt, auch die Menge des Silbers, welche manche Vorkommen liefern, ist nicht nnbedeutend. Sowohl die Bleiglätte (Bleioxyd), als auch das unveränderte Mineral finden eine beschränkte Anwendung zur Glasur von Töpferwaaren, letzteres auch zu Streusand und zur Verzierung mancher Gegenstände.

Der Steinmannit Zippe's ist vom Bleiglanz nicht verschieden, der Johnstonit (Ueberschwefelblei) ist mulmiger Bleiglanz, mit etwas Schwefel gemengt. Der Cuproplumbit Breith. enthält neben PbS auch Cu_2S.

Molybdänglanz (Molybdänit, *Beudant*; Wasserblei).

Das Mineral ist dem Graphit ähnlich, mit welchem es früher oft verwechselt wurde; der Name (μολύβδαινα, Bleikugel) deutet auf das bleiartige Aussehen. Es ist ebenso blätterig mit biegsamen Blättchen, wie mancher Graphit, die seltenen Krystalle sind sechsseitige Blättchen, die auch für monoklin gehalten wurden, es ist mild, fettig anzufühlen, auf Papier schreibend, die Härte sehr gering, = 1 .. 1·5, die Farbe röthlich bleigrau. G. = 4·6 bis 4·9. Die chem. Zus.: MoS_2 entspricht 59 Molybdän, 41 Schwefel. V. d. L. unschmelzbar, färbt die Flamme zeisiggrün, gibt auf Kohle einen weissen Beschlag. Mit Salpeter geschmolzen zeigt es schwaches Verpuffen, durch Salpetersänre wird es zersetzt. Am reichlichsten

findet sich der M. in der Nachbarschaft des Zinnerzes bei Zinnwald, Schlackenwald, Altenberg, in Cornwall, aber auch sonst im Granit und Gneiss, wie bei Nertschinsk, in Grönland etc.

Antimonglanz (Antimonit, *Haidinger*, Grauspiessglanz).

Die lang säulenförmigen oder nadelförmigen Krystalle sind rhombisch und zeigen gewöhnlich $m=(110)$, $b=(010)$, $p=(111)$ oder $v=(121)$, $s=(113)$, sonst aber noch mancherlei Formen. Winkel (110) 89° 4′, also das Prisma nahe rechtwinkelig, 111 : 110 = 34°45′, 113 : 110 = 64°20′ nach Krenner (Sitzb. d. Wr. Akad. Bd. 49). Die Säulenflächen sind fast immer der Länge nach gerieft, die Enden zeigen selten eine deutliche Ausbildung, die Krystalle sind oft gebogen und geknickt. Drusen mit büscheliger Anordnung der Krystalle, derbe, strahlige, faserige bis dichte Aggregate bilden Füllungen. Die Spaltb. ist ungemein vollk. nach 010, ausserdem unv. nach 001 und anderen Richtungen. Die stark glänzenden Flächen der vollk. Spaltb. sind oft quer geknickt. H. = 2, mild; bleigrau, oft schwärzlich oder bunt angelaufen. G. = 4·6 . . 4·7. Chem. Zus.: Sb_2S_3 entsprechend 71·8 Antimon, 28·2 Schwefel. Schmilzt schon in der Kerzenflamme, v. d. L. gibt er auf Kohle einen weissen Beschlag und wird verflüchtigt. Durch heisse Salzsäure auflöslich.

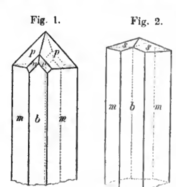


Fig. 1. Fig. 2.

Der Antimonglanz tritt entweder in mehr selbstständiger Weise auf, indem er mit Quarz Gänge im Granit und Gneiss bildet, wie bei Magurka in Ungarn, Schönberg in Böhmen, auch lagerartig zwischen Kieselschiefer vorkommt, wie bei Arnsberg in Westphalen; oder er begleitet andere Minerale, z. B. Bleiglanz, Baryt, Blende, wie auf den Gängen von Felsöbánya, ähnlich bei Schemnitz und in wechselnder Gesellschaft bei Přibram, Freiberg, Neudorf am Harz, in Toscana, auf Borneo u. s. w. In letzter Zeit sind aus Japan prachtvolle Stufen gebracht worden (E. Dana, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 9, pag. 29). Bei der Verwitterung geht das Mineral in Valentinit Sb_2O_3 oder in Antimonocker über.

Das Antimon des Handels und die Antimonpräparate werden fast sämmtlich aus dem Antimonglanz dargestellt. Im Alterthum wurde das Pulver des letzteren als kosmetisches Mittel benutzt (στίβι oder στίμμι, daraus später das Wort Stibium für Antimon). Die Mischung von Blei mit Antimon liefert das Letternmetall.

Isomorph mit dem vorigen ist der Wismutglanz (Bismutin) Bi_2S_3, der aber heller grau, fasst zinnweiss ist, ferner der Frenzelit (Selenwismutglanz) Bi_2Se_3, der schon zu den folgenden gehört.

b) Selenglanze.

Diese Minerale sind den entsprechenden Schwofelverbindungen analog und soweit die Beobachtungen reichen, auch isomorph, doch gehören sie alle zu den seltenen oder sehr seltenen Mineralen.

Der Clausthalit (Selenblei) PbSe ist hexaëdrisch spaltbar, also mit dem Bleiglanz isomorph, ebenso der Lerbachit (Selenquecksilberblei). Vom Tiemannit (Selenquecksilber), vom Zorgit (Selenkupferblei und Selenbleikupfer) und Berzelin (Selenkupfer) Cu_2Se ist die Form nicht bekannt, ebensowenig vom Crookesit, welcher sich von letzterem durch einen Thalliumgehalt unterscheidet, und vom Eukairit AgCuSe. Der Naumannit (Selensilber) Ag_2Se hingegen lässt durch seine tesserale Spaltb. die Isomorphie mit dem Silberglanz erkennen.

c) Tellurglanze.

Auch diese tellurhaltigen Minerale sind nicht häufig, doch zeigen sich dieselben öfters gut krystallisirt.

Der Hessit (Tellursilber) Ag_2Te ist in letzter Zeit bei Botes in Siebenbürgen in deutlichen, zum Theile grossen Krystallen gefunden worden. Er ist dem Silberglanz ähnlich und wahrscheinlich damit isomorph, doch fand Becke in den Winkeln starke Abweichungen. Die Krystalle haben bald eine mehr reguläre Ausbildung, bald erscheinen sie länglich und spiessig wie der Akanthit. Dasselbe Mineral wurde früher bei Nagyag, Rezbánya, ferner am Altai und in Californien angetroffen. Aehnlich demselben ist der Petzit, jedoch durch einen Goldgehalt ausgezeichnet. Vorzugsweise aus Tellurgold besteht der rhombisch krystallisirte Krennerit (Bunsenin, Weisstellur) von Nagyag und der monokline Sylvanit (Schrifterz), welcher durch die eigenthümlichen gestrickten Formen und die zeilenartige Anordnung der Kryställchen auffallend ist; derselbe kommt von Nagyag und aus dem Calaverasgebiet in Californien. Verwandt ist der Calaverit. Grösstentheils aus Tellurblei nebst etwas Tellurgold besteht der Nagyagit (Blättertellur), der nach Schrauf rhombisch krystallisirt. Diese Minerale kommen bisweilen in genügender Menge vor, um die Abscheidung von Silber und Gold zu lohnen.

Der tesserale Altait ist fast reines Tellurblei, PbTe, der Coloradoit Genth's besteht aus Tellurquecksilber HgTe, der in rhomboëdrischen Zwillingskrystallen vorkommende Tetradymit, welcher in Schubkau bei Schemnitz, bei Orawitza, sowie in Virginien, Nordcarolina, Montana gefunden wurde, ist hauptsächlich Tellurwismut Bi_2Te_3, verwandt mit demselben ist der Joseït.

d) Anhang.

Zu den einfacheren Verbindungen gehört auch das Antimonsilber (Diskrasit), dessen rhombische Krystalle ähnliche Winkel wie der Kupferglanz darbieten. Es scheint wesentlich Ag_3Sb zu sein, doch ist viel mehr Silber enthalten. Von Andreasberg, Altwolfach, Chanarcillo kommen bisweilen gut krystallisirte Stufen. Das Wismutsilber (Chilenit) und das Arsensilber scheinen Gemenge zu sein, das Wismutgold (Maldonit) soll aus Au_2Bi bestehen.

3. Ordnung: Fahle (Fahlite).

Diese Minerale werden bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung häufig als Sulfosalze bezeichnet. Sie sind dreigliedrig, indem sie ein Schwermetall, ein Sprödmetall und Schwefel enthalten. Früher wurden die Formeln in zwei Theile getrennt, indem einerseits die Sulfide PbS, Ag_2S u. s. w., andererseits die Sulfide As_2S_3, Sb_2S_3, Bi_2S_3 geschrieben wurden. Gegenwärtig schreibt man dieselben gewöhnlich den modernen Formeln der Sauerstoffsalze entsprechend als einheitliche Verbindungen. Nimmt man einmal die Elemente As, Sb, Bi dreiwerthig, so erhält man die beiden Typen $H_3S_3 \equiv As$ (entsprechend dem Proustit Ag_3AsS_3) und $HS-As=S$ (entsprechend dem Miargyrit $AgSbS_2$). Nimmt man jene Elemente fünfwerthig, so erhält man, entsprechend der Phosphorsäure, einen dritten Typus H_3AsS_4 und kann noch andere intermediäre Typen ableiten (pag. 241).

Die Formeln werden aber häufig complicirt, weil mehrere Verbindungen den basischen Anhydridsalzen entsprechen (pag. 243). Trotzdem bleiben aber noch Fälle übrig, in welchen man gezwungen ist, statt einer einheitlichen Verbindung eine Molecularverbindung anzunehmen, so beim Polybasit. Bei der Classification handelt es sich jedoch vor allem darum, das Bekannte übersichtlich darzustellen. Im Folgenden wird daher nur eine einzige salzartige Verbindung, dem zweiten Typus gemäss, angenommen, im übrigen aber die Formel gruppirend geschrieben. Der erste Theil wird also immer einer der beiden Verbindungen $AgSbS_2$ oder $PbSb_2S_4$ entsprechen, der zweite einem der Sulfide Ag_2S oder PbS. Demnach wird z. B. der Jordanit, dessen empirische Formel $Pb_4As_2S_7$ einem basischen Anhydridsalze entspricht (vergl. pag. 243), der Uebersichtlichkeit wegen zweigliedrig geschrieben, als $PbAs_2S_4 + 3PbS$.

Das Schwefelarsen, Schwefelantimon lassen sich aus den Verbindungen durch Einfach-Schwefelkalium ausziehen, wie das Sipöcz (Tschermak's Min. Mitth. 1873, pag. 132) beim Jordanit zeigte. $Pb_4As_2S_7 + K_2S = 4PbS + 2KAsS_2$.

Die Minerale dieser Ordnung zeigen meist graue (fahle) Farben, keinen starken Metallglanz, in einigen Fällen Diamantglanz. Die Härte ist nicht gross, gewöhnlich 3. Sie gruppiren sich ziemlich natürlich den enthaltenen Schwermetallen entsprechend in Eisenspiessglanze, Bleispiessglanze, Fahlerzähnliche (Cu) und Giltigerze (Ag).

a) Eisenspiessglanze.

Berthierit, *Haidinger*.

Unter diesem Namen werden einige stängelige und faserige, dem Antimonit ähnliche Minerale zusammengefasst, von denen manche die Zus. $FeSb_2S_4$ haben, andere davon abweichende Zahlen ergeben. H. = 2 . . 3, G. = 4 bis 4·3. V. d. L. Antimonrauch und nach dem Schmelzen eine schwarze Schlacke liefernd. Chazelles in der Auvergne, Bräunsdorf bei Freiberg, Arany-Idka in Ungarn.

b) Bleispiessglanze.

Zinckenit, *G. Rose*.

Rhombisch, sechsseitige Durchwachsungszwillinge bildend, die säulenförmig oder nadelförmig aussehen. Isomorph mit Skleroklas. H. = 3 . . 3·5. Dunkel stahlgrau, bisweilen bunt angelaufen. G. = 5·3 bis 5·35. Chem. Zus. $PbSb_2S_4$. V. d. L. zerknistert er, gibt Antimondämpfe und kann bis auf einen geringen Rückstand verflüchtigt werden. Wolfsberg am Harz. Hausach.

Jamesonit, *Haidinger*.

Rhombisch, (110) 78°40'. Säulenförmige oder nadelförmige Krystalle ohne deutliche Endausbildung oder derb stängelig bis faserig. H. = 2 bis 2·5, stahlgrau. G. = 5·56 bis 5·72. Chem. Zus.: $PbSb_2S_4 + PbS$. V. d. L. wie Zinckenit. Cornwall, Nertschinsk. Das Federerz (Heteromorphit, Plumosit) ist Jamesonit in der Form zarter haarförmiger Kryställchen, die Büschel, filzartige oder zunderähnliche Lappen bilden. Wolfsberg, Andreasberg, Clausthal, Neudorf, Freiberg. Felsőbánya.

Boulangerit, *Thaulow*.

Blos derb und zwar stängelig, faserig und feinkörnig bekannt, oft dem Federerz ähnlich. H = 3, schwärzlich bleigrau, G. = 5·8 bis 6. Chem. Zus.: $PbSb_2S_4 + 2PbS$. V. d. L. verhält er sich ähnlich wie der Jamesonit, gibt einen Bleibeschlag. Kommt in grösseren Mengen bei Molières im Dép. du Gard vor, findet sich auch bei Wolfsberg, Přibram, Bottino, Nertschinsk u. a. O.

Eine Uebersicht der Bleispiessglanze gibt die folgende Aufzählung nach der wahrscheinlichen oder sicher ermittelten chemischen Zus.:

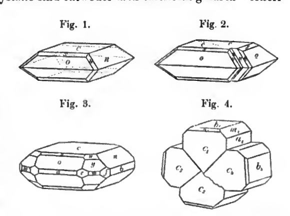
$PbAs_2S_4$ Skleroklas, v. *Rath* (Sartorit, *Dana*), rhombisch, Fundort Binnenthal.
$PbSb_2S_4$ Zinckenit.
$PbBi_2S_4$ Galenobismutit, derb, zinnweiss, F. Kogruhe in Wermland.
$3PbSb_2S_4 + PbS$ Plagionit, monoklin, F. Wolfsberg, Arnsberg.
$PbAs_2S_4 + PbS$ Dufrenoysit, v. *Rath* (Binnit, *Wieser*, Skleroklas; *Sartorius*), F. Binnenthal.
$PbSb_2S_4 + PbS$ Jamesonit.
$PbBi_2S_4 + PbS$ Cosalit, säulenförm. Kryst., F. Mexico, Rezbánya.
$PbSb_2S_4 + 2PbS$ Boulangerit.
$PbSbBiS_4 + 2PbS$ Kobellit, faserig, F. Nerike in Schweden.
$PbAs_2S_4 + 3PbS$ Jordanit, rhombisch, F. Binnenthal, Nagyag.
$PbSb_2S_4 + 3PbS$ Meneghinit, rhombisch, F. Bottino, Schwarzenberg, Barrie in Ontario.
$PbSb_2S_4 + 4PbS$ Geokronit, rhombisch, F. Sala, Meredo, Pietro santo.

Der Kilbreckenit nähert sich dem Geokronit. Der Chiviatit steht der Zus. nach zwischen Wismutglanz und Galenobismutit. Der Livingstonit gab das Resultat $HgSb_2S_4 + Sb_2S_3$. Der Epiboulangerit Wehsky's steht dem Boulangerit nahe.

c) Fahlerzartige.

Bournonit, *Jameson*.

Rhombisch, ziemlich formenreich. Gewöhnlich treten $c = (001)$, $o = (101)$, $n = (011)$, $m = (110)$ aber auch $a = (100)$, $b = (010)$, $e = (210)$, $f = (120)$, $y = (111)$, $u = (112)$, $x = (102)$ auf. Winkel (110) 86°20′, 011 : 001 = 41°54′, 001 : 101 = 43°43′. Die Krystalle sind entweder dick-tafelförmig durch Vorherrschen von *c*, oder säulenförmig, indem sie nach einer der Krystallaxen gestreckt erscheinen. Zwillingskrystalle nach 110 sind häufig. Einfache Zwillinge, wie der in Fig. 2 und die entsprechenden Wiederholungszwillinge, die parallel der punktirten Linie zwischen *c* und *c* mehrere schmale Individuen eingeschaltet zeigen, kommen oft vor, ebenso Wendezwillinge, wie in Fig. 4, in welcher vier Individuen nach demselben Gesetze verbunden erscheinen. Diese an den ungarischen Bournoniten gewöhnliche Ausbildung wurde von den dortigen Bergleuten mit dem Namen Rädelerz belegt.



Spaltb. nur unvollk. nach *b*, Spuren nach anderen Richtungen, Bruch muschelig bis uneben. H. = 2·5 . . . 3, stahlgrau bis bleigrau oder schwärzlich, stark metallglänzend. G. = 5·70 bis 5·86. Chem. Zus.: $CuSbS_2 + PbS$, entsprechend 13·0 Kupfer, 42·4 Blei, 25·0 Antimon, 19·6 Schwefel. Der Bournonit wird daher zugleich mit anderen Erzen, mit welchen er vorkommt, auf Blei und Kupfer verhüttet. V. d. L. schmilzt er nach Entwickelung von Antimondämpfen zur schwarzen Kugel, welche durch weiteres Erhitzen einen Bleibeschlag liefert und, nachdem das Blei verflüchtigt ist, mit Soda ein Kupferkorn gibt. Durch Salpetersäure wird er unter Abscheidung von Schwefel nnd Antimonoxyd gelöst, die Lösung ist blau.

Schöne Krystalle kommen von den Gruben in Cornwall, von Přibram, Kapnik, Freiberg, Neudorf (grosse Krystalle), Wolfsberg, Clausthal, Andreasberg n. a. O. Der Bournonit hat kein selbstständiges Auftreten, auch bildet er nirgends grössere Massen. Er kommt auf Gängen zugleich mit Bleiglanz, Blende, Fahlerz. Kupferkies, auch mit Antimonit vor, mit welchen Mineralen, die Blende ausgenommen, er in chemischer Hinsicht verwandt ist. Auf einem der Kapniker Gänge zeigt sich an Pseudomorphosen die Entstehung von Bournonit durch Umwandlung des Fahlerzes. Dabei wurde Cu_2S durch PbS ausgetauscht. Aus Kärnten kamen früher oberflächlich zersetzte Bournonite, welche als W ö l c h i t (Antimonkupferglanz) in die Sammlungen gelangten.

Ueber die Krystallformen des B. s. Zirkel's Abh. Sitzber. d. Wiener Ak. Bd. 45.

Fahlerzgruppe:

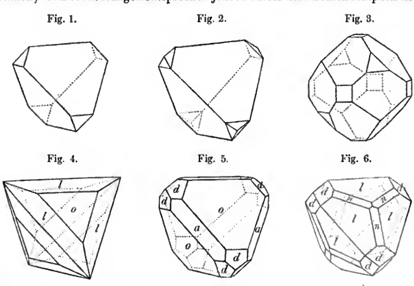
Diese Minerale sind tetraëdrisch, metallisch glänzend ohne deutliche Spaltbarkeit. Alle enthalten Kupfer und Schwefel, ausserdem Antimon oder Arsen, in wechselnder Menge aber auch Zink, Eisen, Silber, Quecksilber. Alle Fahlerze werden auf Knpfer verhüttet, bei einem Gehalt an Silber oder Quecksilber werden auch diese Metalle abgeschieden. Man unterscheidet zwei Hauptgattungen.

Antimonfahlerz.

Die Krystalle sind einfache Tetraëder, Trigondodekaëder und Combinationen von tedraëdrischem Habitus oder auch solche, an welchen das Rhombendodekaëder vorherrscht. Oft ist das positive Tetraëder glänzend, die Abstumpfung durch das negative ranh. Häufig treten an den Ecken des Tetraëders drei Flächen des Rhombendodekaëders auf, wie in Fig. 2. Das gewöhnliche Trigondodekaëder ist $l = \varkappa$ (211), die Kanten desselben werden bisweilen abgestumpft durch das Deltoiddodekaëder $n = \varkappa$ (332). Zwillingsbildungen nach 111 kommen öfters vor. Es sind Durchdringungen zweier Tetraëder, welche eine Fläche 111 gemein haben, so dass drei Ecken des einen drei Flächen des andern Individuums durchbrechen. Die Krystalle sind bisweilen mit einem Ueberzuge von Kupferkies bedeckt, welcher feindrusig, auf den Flächen (100) bisweilen glatt ist. Die kleinen Kupferkieskrystalle sind mit ihrer Hauptaxe parallel zu einer der Krystallaxen

des Fahlerzes angelagert. Hierüber und über die Krystallisation des Fahlerzes: Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch., Bd. 24. Klein, Jahrb. f. Min. 1871.

H. = 3 . . 4, der Bruch ist muschelig bis uneben, die Farbe stahlgrau bis eisenschwarz, der Strich schwarz, bisweilen auch röthlich, namentlich in den zinkreicheren Fahlerzen. Die chem. Zus. lässt sich noch nicht durch eine Formel mit Sicherheit darstellen. H. Rose, welcher eine neue Methode der Fahlerzanalyse erfand (Aufschliessen durch Chlorgas) wurde durch seine sorgfältigen Arbeiten zu dem Verhältnis $2\,CuSbS_2 + 3\,Cu_2S$ geführt, worin Cu theilweise durch Silber, Sb theilweise durch As, Cu_2 theilweise durch Zn, Hg, Fe ersetzt sein können; die Beobachtungen entsprechen jedoch besser dem freilich complicirteren


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Verhältnis $4\,CuSbS_2 . 3\,Cu_2S . 2\,ZnS$, welches 38 Kupfer, 7·8 Zink, 29·3 Antimon und 24·9 Schwefel fordert. Im Kölbchen erhitzt und geschmolzen gibt es ein dunkelrothes Sublimat, im offenen Glasrohre einen Antimonbeschlag, v. d. L. auf Kohle schmilzt es leicht zur grauen Kugel, durch Salpetersalzsäure wird es vollständig zersetzt. Bei der Verwitterung bilden sich aus dem Mineral gewöhnlich Malachit, Azurit, Antimonocker. Es gibt krystallisirte Antimonfahlerze, welche eine isomorphe Beimischung von Arsenfahlerz enthalten. In manchen derben Fahlerzen ist von der letzteren Verbindung ziemlich viel vorhanden (Antimon-Arsenfahlerze). Manche enthalten etwas Kobalt. Als Untergattungen des Antimonfahlerzes werden genannt:

G e w ö h n l i c h e s F a h l e r z, T e t r a ë d r i t diejenigen, welche der Zus.: $4\,CuSbS_2 . 3\,Cu_2S . 2\,ZnS$ nahekommen, indem statt des Zn auch Eisen eintritt, ferner geringe Mengen von As an Stelle des Sb sich einstellen. G. = 4·5 bis 5. Diese Minerale werden auf Kupfer verhüttet.

Beispiele des Auftretens geben die in alten Sandsteinen und Thonschiefern vorkommenden Gänge von Horhausen im rheinischen Schiefergebirge, die Spath-



eisenstein und Quarz führen und Fahlerz neben Pyrit, Kupferkies, Bournonit, Blende, Antimonit enthalten, oder jene von Clausthal am Harz in gleichem Gestein und wieder mit Eisenspath und Quarz, aber ausserdem mit Baryt, Bleiglanz oder der Stock von Eisenspath bei Müsen, wo das Fahlerz wiederum in Gesellschaft von Pyrit, Kupferkies und Bleiglanz zuweilen erhebliche Mengen bildet, ferner auch die Gänge von Přibram, wo das Fahlerz nur untergeordnet vorkommt, jene am Spessart, in Thüringen, in Cornwall. Die Gänge von Kapnik, welche in trachytartigem Gestein aufsetzen, zeigen schöne Fahlerzkrystalle auf Quarzdrusen und zuweilen die Umwandlnng des Fahlerzes in Bournonit. Ganz anders verhalten sich die Gangtrümer im Kalkstein, wie hei Brixlegg in Tirol, wo das Fahlerz blos in der einfachen Begleitung von Baryt vorkommt. Hier sind die Krystalle immer vom Typus des Rhombendodekaëders. Cornwall, Clausthal, Wolfach liefern zuweilen Drusen mit dem genannten Ueberzug von Kupferkies.

Silberfahlerz oder Freibergit (Dunkles Weissgiltigerz) heissen jene mit einem erheblichen Silbergehalt, welcher nach den bisherigen Erfahrungen über 31 Perc. steigt, entsprechend der Formel: $4\,Cu\,Sb\,S_2 \,.\, 3\,Ag_2S \,.\, 2\,Fe\,S$, die 13·2 Kupfer, 33·8 Silber, 5·8 Eisen, 25·5 Antimon und 21·7 Schwefel fordert. Das krystallisirte Silberfahlerz ist arsenfrei, das Eisen ist aher öfters theilweise durch Zink ersetzt. G. = 4·85 bis 5·0. Auch bei geringem Silbergehalte werden derlei Fahlerze zugleich auf Kupfer und Silber verhüttet.

Bekannt sind die quarzhaltigen Gänge von Bräunsdorf bei Freiberg, welche in krystallinischen Schiefern vorkommen und neben Giltigerzen, Silberglanz und silberhaltigem Arsenkies auch Freibergit enthalten. Auch bei Neudorf und Clansthal am Harz, bei Wolfach, in Nevada und Nordcarolina wurden silberreiche Fahlerze gefunden.

Quecksilberfahlerz oder Spaniolit, auch Schwatzit wurden jene genannt, welche einen merklichen Quecksilbergehalt zeigen. Dieser steigt nach den vorhandenen Analysen bis über 17 Perc. entsprechend der Formel: $4\,Cu\,Sb\,S_2 \,.\, 3\,Cu_2S \,.\, 2\,Hg\,S$, welche 32·7 Kupfer, 20·6 Quecksilber, 25·2 Antimon, 21·5 Schwefel fordert, doch ist in Folge der isomorphen Beimischung von Tetraëdrit meist weniger Quecksilber vorhanden, dessen Stelle theilweise von Zink oder Eisen eingenommen wird. Im offenen Glasrohr erhitzt, geben diese Fahlerze ausser dem Antimonrauch noch einen grauen Beschlag von Quecksilber. Sie sind nicht häufig. Wo sie gefunden werden, gewinnt man ausser dem Kupfer auch Quecksilber aus denselben.

Die Gänge in den krystallinischen Schiefern des Gömör-Zipser Gebirges in Ungarn haben derlei Fahlerze geliefert. Bei Kotterbach besteht die Füllung aus Quarz und Eisenspath mit Kupferkies, Zinnober und solchem Fahlerz. Bei Igló wird es von Eisenspath und Kupferkies hegleitet. Bei Schwatz in Tirol fand sich einst Schwatzit. Bei Moschel in der Rheinpfalz ist die Begleitung wiederum Zinnober. Diese Gesellschaft ist chemisch erklärlich und auch deshalb von Interesse, weil das Quecksilberfahlerz bisweilen eine Veränderung erfährt, bei welcher ausser Malachit und Antimonocker auch Zinnober gebildet wird.

Digitized by Google

Arsenfahlerz.

Die Form der Krystalle ist dieselbe wie bei den Antimonfahlerzen, die Farbe im Allgemeinen auch nicht verschieden, der Strich hingegen ist vorwiegend röthlichgrau bis dunkelkirschroth. Die Krystalle sind öfters angelaufen. Die Härte ist etwas grösser, nämlich 4, das G. meist geringer, nämlich 4·5 bis 4·9. Alle geben, im offenen Glasrohr erhitzt, Arsenrauch. Man unterscheidet:

Gewöhnliches Arsenfahlerz von dem höheren G. 4·9 und der chem. Zus.: $4\,Cu\,As\,S_2\,.\,5\,Cu_2S$, entsprechend 55·4 Kupfer, 18·7 Arsen und 25·9 Schwefel. V. d. L. schmilzt es leicht zur Kugel, welche nicht magnetisch ist.

Ein Beispiel ist das Fahlerz von Szaszka im Banat, reicher an Kupfer als alle übrigen.

Tennantit, *Phillips.* Ist eisenhaltiges Arsenfahlerz von dem G. 4·4 bis 4·6, gemäss der Formel $4\,Cu\,As\,S_2\,.\,3\,Cu_2S\,.\,2\,Fe\,S$ zusammengesetzt, welche 43·4 Kupfer, 7·7 Eisen, 20·5 Arsen und 28·5 Schwefel fordert, doch ist der Kupfergehalt wegen isomorpher Beimischung des vorigen gewöhnlich etwas höher. V. d. L. schmilzt er zur schwarzen magnetischen Schlacke.

Redruth in Cornwall, Skutterud in Norwegen, Capelton in Canada haben Tennantit geliefert. In der zugehörigen Kupferblende Breith. von Freiberg ist das Eisen grösstentheils durch Zink ersetzt.

Die als Aphthonit, Annivit, Studerit bezeichneten Minerale sollen Fahlerze sein, der Rionit ein wismuthaltiges Arsenfahlerz. Der tesserale Julianit hat die Zusammensetznng eines Arsenfahlerzes, ist jedoch weicher. Der Sandbergerit steht der Kupferblende nahe. Der rhombische Stylotyp hat eine Zus., welche der eines silberhaltigen Fahlerzes gleichkommt. Das lichte Weissgiltigerz, welches oft znm Fahlerz gestellt wird, enthält 6 Perc. Silber und viel Blei. Es dürfte ein Gemenge sein.

Enargit, *Breithaupt.*

Dieses in Europa ziemlich seltene Mineral krystallisirt rhombisch. Gewöhnliche Formen sind (110), (001), (010), (100). Winkel (110) 82° 7′, (011) 79° 2′. Spaltb. vollk. nach (110), nach den Endflächen unvollk. H. = 3, spröd, eisenschwarz mit schwarzem Strich, unvollk. Metallglanz. G. = 4·4 bis 4·5. Chem. Zus.: $Cu\,As\,S_2 + 2\,Cu\,S$, was man als eine salzartige Verbindung $Cu_3As\,S_4$ schreibt, entsprechend 48·4 Kupfer, 19 Arsen und 32·6 Schwefel. Leicht zur Kugel schmelzbar.

Bildet einen mächtigen Gang im Trachyt bei Mancayan auf Luzon, ferner mächtige Füllungen bei Marococha in Peru, in der Sierra de Famatina in Argentinien, findet sich in Mexico, Californien, Südcarolina, ferner in kleinen Mengen neben Fahlerz, Pyrit, Kupferkies, Blende in einem zerklüfteten Andesit, welcher stellenweise petroleumhaltig ist, bei Parad in der Matra in Ungarn. Letztere Lagerstätte macht nach v. Cotta recht deutlich den Eindruck einer Quellenbildung. Wo der Enargit in grösserer Menge auftritt, gibt er ein geschätztes Kupfererz.

Interessant ist die Dimorphie der Substanz $Cu_3As\,S_4$, da dieselbe nach Sandberger auch monoklin als Clarit bei Schapbach vorkommt.

Digitized by Google

Eine Uebersicht der fahlerzähnlichen Minerale gibt Folgendes:

$CuSbS_2$ Wolfsbergit (Kupferantimonglanz), rhombisch, Fundort Wolfsberg.

$CuBiS_2$ Emplektit (Kupferwismutglanz), rhombisch, F. Schwarzenberg im Erzgebirge, Freudenstadt i. Würtemberg, Copiapo.

$4CuAsS_2 + Cu_2S$ Binnit, *v. Rath* (Dufrenoysit, *Damour*), tesseral, F. Binnenthal.

$4CuBiS_2 + Cu_2S$ Klaprothit, rhombisch, F. Wittichen, Freudenstadt.

$CuBiS_2 + Cu_2S$ Wittichenit (Kupferwismuterz), rhombisch, F. Wittichen.

$CuSbS_2 + PbS$ Bournonit, rhombisch.

$CuBiS_2 + PbS$ Nadelerz (Patrinit), rhombisch, F. Beresowsk

$4CuAsS_2 + 5Cu_2S$ Arsenfahlerz

$4CuAsS_2 + 3Cu_2S + 2FeS$ Tennantit.

$4CuSbS_2 + 3Cu_2S + 2ZnS$ Tetraëdrit.

$4CuSbS_2 + 3AgS_2 + 2FeS$ Freibergit.

$4CuSbS_2 + 3Cu_2S + 2HgS$ Spaniolit.

$CuAsS_2 + 2CuS$ Enargit und Clarit.

$CuSbS_2 + 2CuS$ Famatinit, rhombisch, isomorph mit Enargit, F. Prov. Rioja in der Argentina.

Der Schirmerit steht dem Klaprothit sehr nahe. Der Luzonit hat dieselbe Zus. wie der Enargit, ist jedoch derb. Der Epigenit Sandberger's ist durch einen Eisengehalt vom Enargit verschieden.

d) Giltigerze.

Polybasit, *H. Rose* (Eugenglanz, *Breithaupt*).

Die dünnen, tafelförmigen Krystalle wurden früher für hexagonal gehalten, die Form ist jedoch rhombisch, das Prisma (110) hat fast genau 60°. Die gewöhnliche Combination ist (001), (111), (021), der Winkel (111) 63°.

Mild, H. = 2 . . 2·5, metallglänzend, eisenschwarz, mit ebensolchem Strich. Descloizeaux fand dünne Lamellen durchscheinend und optisch zweiaxig, die 1. Mittellinie parallel der *c*-Axe. G. = 6·0 bis 6·2. Die chem. Zus wird gewöhnlich durch die Zahlen $Ag\,Sb\,S_2 + 4\,Ag_2S$ dargestellt, doch sind auch kleine Mengen von Arsen und Kupfer vorhanden, welche isomorphen Beimischungen entsprechen. Schmilzt leicht, gibt mit Soda geschmolzen ein kupferhaltiges Silberkorn.

Er findet sich auf den Silbererzgängen von Freiberg, bei Přibram, ebenso kennt man ihn von Joachimsthal, Schemnitz, ferner ist sein Vorkommen in Mexico, Nevada, Idaho beobachtet.

Stephanit, *Haidinger* (Melanglanz, *Breithaupt*, Sprödglaserz).

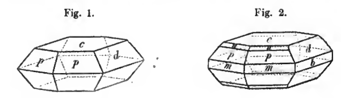
Die Krystalle sind rhombisch, bald von tafelförmigem, bald von säulenförmigem Habitus. Die gewöhnlichen Formen sind $c = (001)$, $m = (110)$, $b = (010)$, $p = (111)$, $u = (112)$, $d = (021)$, ausserdem kommen aber noch verschiedene Pyramiden wie (113), (223), (332) und Prismen wie (011), (034) und andere Formen vor. Winkel (110), 64° 21′, (021) 107° 48′, (111) 75° 40′.

Zwillingsbildung nach 110 ist häufig, dieselbe wiederholt sich meistens. (Kryst. Schröder in d. Annal. d. Phys., Bd. 95. Vrba, Zeitschr. Kryst. Bd. 5.)

Spaltb. unvollk. nach *d* und *b*, mild, H. = 2 . . 2·5, metallglänzend, eisenschwarz, Strich schwarz. G. = 6·2 bis 6·3. Chem. Zus. $Ag\,Sb\,S_2 + 2\,Ag_2S$ entsprechend 68·4 Silber, 15·4 Antimon, 16·2 Schwefel. Im offenen Glasrohre ent-

wickelt er Antimonrauch, auf Kohle schmilzt er zur dunkelgrauen Kugel, welche mit Soda ein Silberkorn gibt. Durch warme Salpetersäure wird er zersetzt.

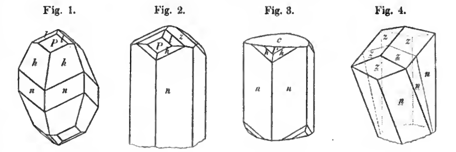
Der Stephanit ist ein werthvolles Silbererz. Auf den Silbererzgängen Sachsens bei Freiberg, Annaberg, Schneeberg, Johanngeorgenstadt, ferner auf den Gängen bei Přibram, Schemnitz, Kremnitz wurde er oft gefunden. In den grössten Mengen, wenngleich nur derb, tritt er auf dem berühmten Comstock-Lode bei Virginia City in Nevada auf. Hier setzt ein Gang, welcher aus Bruch-


Fig. 1. Fig. 2.

stücken des Nebengesteins, aus einer thonigen Masse und aus den Erzen besteht und bei der genannten Stadt durch seine enorme Mächtigkeit von mehr als 150 Metern einen stockartigen Charakter annimmt, im Quarzandesit auf. Stephanit und Silberglanz bilden das Haupterz, aber auch ein silberreicher Bleiglanz, Rothgiltigerz, Polybasit kommen mit Pyrit, Kupferkies, Blende, Kalkspath u. s. w. darin vor. Auch in Idaho bei Zacatecas in Mexico etc. findet er sich z. Th. schön krystallisirt. Die Verwandlung in gediegen Silber wurde an Pseudomorphosen bei Přibram beobachtet.

Pyrargyrit, *Glocker* (Antimonsilberblende, Dunkles Rothgiltigerz).

Rhomboëdrisch. Am häufigsten sind säulenförmige Krystalle, an welchen das Prisma $n = (11\bar{2}0) = \infty R2$ herrscht und die Enden durch das Rhomboëder $P = \pi\,(10\bar{1}1)$, das verwendete stumpfere Rhomboëder $z = \pi(01\bar{1}2) = -\frac{1}{2}R$,


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

die Skalenoëder $h = \pi(21\bar{3}1) = R3$, $l = \pi(21\bar{3}4) = \frac{1}{4}R3$, oft auch durch die Endfläche c begrenzt erscheinen.

Ausserdem kommen auch einfache Skalenoëder und viele andere, namentlich skalenoëdrische Combinationen vor, so dass die Zahl der beobachteten Formen eine sehr beträchtliche ist. (Sella, Quadro delle forme cristalline dell' Argento rosso etc. 1856. Streng, Jahrb. Min. 1878. v. Rath, Pogg. Ann. Bd. 158,

Digitized by Google

Groth, Univ.-Sammlg. Strassburg. Die Angaben beziehen sich z. Th. auf die folgende Gattung.)

Das Prisma $(01\bar{1}0) = \infty R$ tritt oft nur mit drei Flächen auf, was einer Hemimorphie entspricht. [Vgl. Turmalin (44).] Man hat auch an beiderseitig ausgebildeten Krystallen die Hemimorphie direct beobachtet.

Zwillingsbildungen sind häufig, namentlich die in Fig. 4 dargestellte, welche der zweiten Verwachsungsart pag. 79 entspricht. Hier sind die beiden Individuen an einer Zwillingsebene verwachsen, welche auf der Polkante des Rhomboëders z senkrecht ist. Nicht selten wiederholt sich die Bildung in mehreren dünnen Lamellen, manchmal entstehen auch Verbindungen von vier Individuen, indem sich nach diesem Gesetze drei Individuen an ein centrales anlagern. Der R.-Winkel beträgt 71° 18′, der von z ist 52° 2′.

Spaltb. nach dem Rhomboëder P ziemlich vollk., Bruch muschelig, an den derben Stücken oft uneben oder splitterig. H. = 2 . . 2·5. Metallartiger Diamantglanz. Farbe kermesinroth bis dunkel bleigrau, Strich cochenill- bis kirschroth. In dünnen Schichten ist das Mineral durchsichtig. Bisweilen kommen vollk. klare Krystalle vor. An einem solchen von Andreasberg bestimmte Fizeau die beiden Brechungsq. $\omega = 3{\cdot}084$, $\varepsilon = 2{\cdot}881$ für roth. Demnach ist die Doppelbrechung sehr stark und negativ. G. = 5·75 bis 5·85.

Chem. Zus. $AgSbS_2 + Ag_2S$ oder Ag_3SbS_3, entsprechend 59·8 Silber, 22·5 Antimon, 17·7 Schwefel, demnach ist der P. ein reiches Silbererz. Im Kölbchen erhitzt zerknistert er, schmilzt leicht, gibt ein braunrothes Sublimat von Schwefelantimon, auf Kohle schmilzt er unter Abgabe von Antimonrauch und schwefliger Säure zur Kugel, welche mit Soda ein Silberkorn liefert. Durch Salpetersäure wird das Pulver schwarz und löst sich dann unter Abgabe von Schwefel und Antimonoxyd. Mit Kalilauge behandelt, gibt er Schwefelantimon ab, welches aus der Lösung durch Säuren mit orangegelber Farbe gefällt wird. Sénarmont hat die Verbindung künstlich dargestellt, indem er Natriumsulfantimoniat mit Natriumbicarbonat in geschlossenem Rohre bei höherer Temperatur auf Silbersalze wirken liess und so Krystalle erhielt.

Der Pyrargyrit ist auf den Silbererzgängen ein häufiges Mineral. Eines der schönsten Vorkommen ist wohl jenes bei Andreasberg, wo derselbe mit Arsen, Blende, Bleiglanz in wenig mächtigen durch Calcit erfüllten Gängen angetroffen wird. In wechselnder Ausbildung ist er auf den Gängen des Freiberger Gebietes verbreitet, welche mehr als 150 an der Zahl, meist im Gneiss auftreten und als Hauptmineral Quarz führen. Hier sind beide Rotbgiltigerze mit Silberglanz, Stephanit, Polybasit, auch gediegenem Silber, mit Arsenkies, Fahlerz u. a. Mineralen in Gemeinschaft. Die Gänge bei Přibram, ebenso jene in Gonderbach, welche vorwiegend silberhaltigen Bleiglanz liefern, zeigen stellenweise schönen Pyrargyrit neben anderen Silbererzen, neben Kupferkies, Fahlerz etc. Bei Schemnitz und Kremnitz, wo die quarzreichen Gänge in Eruptivgesteinen aufsetzen, sind auch die früher genannten Silbererze die Begleiter. Kongsberg, bekannt durch die schönen Stufen von gediegen Silber, gibt das Beispiel von Gängen, welche Fahlbänder im Gneiss durchsetzen. Dieselben enthalten vorzugsweise Kalkspath,

auch Fluorit und verschiedene Silicate. Beim Zusammentreffen mit den Fahlbändern zeigen sich gediegen Silber, Silberglanz, Rothgiltigerz, Bleiglanz, Blende, Magnetkies u. s. w. Ein reiches Vorkommen ist jenes von Chañarcillo bei Copiapo, wo die silberreichen Gänge von einem Kalkstein eingeschlossen sind, der viele Diabasgänge aufweist. Zunächst der Erdoberfläche sind die Sulfide zersetzt, in Oxyde und Chloride umgewandelt. Grosse Quantitäten von Rothgiltigerz besitzt Mexiko, auch Nevada. In Idaho werden oft Massen von mehreren Centnern auf einmal angebrochen; dieselben sind öfter mit Hornsilber verbunden.

Die chemischen Veränderungen, welche der Pyrargyrit erfährt, gehen dieselben Producte, wie die folgende Gattung.

Proustit, *Beudant* (Arsensilberblende, Lichtes Rothgiltigerz).

Die Formen sind dieselben, wie jene des Pyrargyrits, jedoch kommen Krystalle von skalenoëdrischem Typus hier weit häufiger vor. Der R.-Winkel ist 72° 10′. In der Bildung der Zwillinge, in der Spaltb. und Härte sind beide Minerale gleich.

Diamantglanz. Durchsichtig bis durchscheinend, cochenill- bis kermesinroth, Strich morgenroth bis cochenillroth. Energische negative Doppelbrechung. G. = 5·5 bis 5·6. Chem. Zus. $AgAsS_2 + Ag_2S$ oder Ag_3AsS_3, entsprechend 65·5 Silber, 15·1 Arsen, 19·4 Schwefel. Demnach herrscht vollkommene Isomorphie mit dem Pyrargyrit.

Im Kölbchen erhitzt, gibt der Proustit nach dem Schmelzen eine geringe Menge von braunem Schwefelarsen, v. d. L. schmilzt er leicht, gibt Arsenrauch und liefert ein sprödes Metallkorn, welches nur schwer zu Silber reducirt werden kann. Durch Salpetersäure zersetzbar unter Abgabe von Schwefel nnd arseniger Säure. Kalilauge zieht Schwefelarsen aus, welches aus der Lösung durch Säuren citrongelb gefällt wird. Die künstliche Darstellung gelang Sénarmont auf analoge Art, wie jene der vorigen Gattung.

Beide Rothgiltigerze nnterliegen auf den Gängen bisweilen der Umwandlung in Silberglanz Ag_2S, ferner auch in gediegen Silber. Die Neubildung von Silber ist gewöhnlich sehr locker, entsprechend dem grossen Stoffverluste. Alle bisher genannten Giltigerze werden öfters von Pyrit überzogen, auch kommen vollständige Pseudomorphosen von Pyrit oder Markasit nach diesen Mineralen vor.

In manchen Gangrevieren treten die beiden Rothgiltigerze neben einander auf, wie im Gebiete von Freiberg, oft aber hat der Proustit seine besondere Verbreitung, namentlich in Gesellschaft von arsenhaltigen Kiesen. Hierher gehören die beim Speiskobalt erwähnten Gänge von Marienberg, Annaberg, Johanngeorgenstadt, Joachimsthal, wo die Silbererze als spätere Bildung auf die Kobaltformation folgen, ebenso jene von Wittichen, von Wolfach, Markirch, wo er auch öfters schön krystallisirt angetroffen wird. Bei Chalanches im Dauphiné zeigt sich das Zusammentreffen der Silbererzgänge mit Arsenkies- und Eisenkies-haltigen Fahlbändern, bei Chañarcillo in Chili führen die Gänge und Trümer im Kalkstein, namentlich an den Stellen des Zusammentreffens mit den Schichtenablösungen und den Diabasgängen reiche Silbererze, darunter öfters

Digitized by Google

schön krystallisirten Proustit. Man hat Skalenoëder von 7 Centimeter Länge von dort gebracht. In Mexico, Peru, in Nevada und Idaho ist der Proustit ähnlich wie der Pyrargyrit verbreitet.

Sämmtliche Giltigerze bilden mit dem Silberglanz eine oft wiederkehrende Paragenesis, die Gangformation der edlen Geschicke. Dieselbe lagert oft auf Quarz, ist oft mit Carbonaten, wie Eisenspath, Perlspath, Kalkspath, verbnnden und zeigt sich besonders reichlich dort, wo der Baryt sie begleitet. Die Gewinnung des Silbers bernht vorzugsweise auf der Verarbeitung dieser Erze, ist jedoch häufig eine ziemlich verwickelte Operation. Südamerika und Mexiko produciren das meiste Silber und demnächst die Vereinigten Staaten von Nord-Amerika.

Eine Uebersicht der Giltigerze bietet Folgendes:

$AgSbS_2$	Miargyrit, monoklin, Fundorte: Bräunsdorf, Přibram, Potosi.
$AgBiS_2$	Silberwismutglanz, derb, F. Marococha in Peru.
$3AgSbS_2 + 2PbS$	Freieslebenit Haid. (Schilfglaserz) monoklin, F. Hiendelaencina in Spanien, Felsőbánya, Freiberg. Damit heteromorph der rhombische • Diaphorit von Přibram.
$AgAsS_2 + Ag_2S$	Proustit, rhomboëdrisch.
$AgSbS_2 + Ag_2S$	Pyrargyrit. Damit heteromorph ist die monokline Fenerblende von Andreasberg.
$AgSbS_2 + 2Ag_2S$	Stephanit, rhombisch.
$AgSbS_2 + 4Ag_2S$	Polybasit, rhombisch.

Der Kenngottit Haidinger's ist Miargyrit. Der rhomboëdrische Xanthokon Breith. ist nach Plattner's Analyse $Ag_9As_3S_{10}$. Die Feuerblende Br. (Pyrostilpnit) bildet wie dieser dünne tafelförmige Kryställchen. Die F. von Andreasberg hat nach Hampe die Zus. des Pyrargyrits. Der Rittingerit Zippe's ist, nach der Paragenese und den phys. Eigenschaften zu schliessen, mit der vorigen verwandt.

4. Ordnung: Blenden (Cinnabarite).

Hierher werden einfache Schwefelverbindungen von Metallen der 2. und 6. Reihe, nämlich *Zn*, *Cd*, *Hg*, *Mn* gestellt, ausserdem auch solche von *As*, welche alle Diamantglanz bis Fettglanz und meist einen hellen Strich zeigen. Anhangsweise werden einige Minerale von ähnlichen physik. Eigensch. erwähnt, welche durch einen Sauerstoffgehalt den Uebergang zur folgenden Classe bilden.

Blende oder Zinkblende (Sphalerit, *Glocker*).

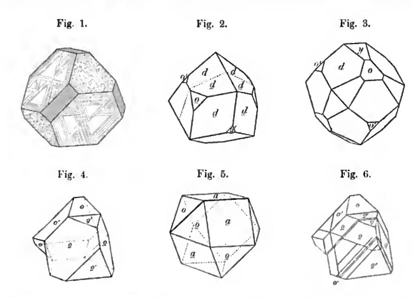
Die Krystalle sind tetraëdrisch und zeigen oft beide Tetraëder nnd die Würfelflächen. Dann sind aber die abwechselnden (111)-Flächen bisweilen von etwas verschiedener Beschaffenheit, wie in Fig. 1. Häufig ist das Rhombendodekaëder *d* ausgebildet und oft in Combination mit einem oder mit beiden Tetraëdern, ferner mit dem Trigondodekaëder $\varkappa$ (311) $= y$, wie in Fig. 3. Auch andere Trigondodekaëder kommen vor, die Flächen derselben sind oft gerieft oder gekrümmt.

Meistens herrscht Zwillingsbildung nach 111. Ein Beispiel gibt Fig. 4, in welcher jedes der Individuen die Combination $o = \varkappa(111)$ mit $o' = \varkappa(1\bar{1}1)$ darstellt, ferner Fig. 2, in welcher an den Individuen das Rhombendodekaëder *d* herrscht, endlich Fig. 5, die zwei Individuen mit Würfel- und beiderlei Tetra-

ederflächen zeigt. Wiederholungszwillinge, wie in Fig. 6, sind häufig, auch kommen Wendezwillinge nach demselben Gesetze an vielen Exemplaren vor. Derlei zusammengesetzte Zwillinge sind oft schwierig zu deuten. Als Berührungsebene fungirt bisweilen eine auf 111 senkrechte Fläche von (211). (Sadebeck, Zeitschr. geol. Ges., Bd. 21 und 30. Groth, Min. S. Univ. Strassburg, p. 23.)

Die derbe Blende ist meistens körnig, doch kommt auch feinfaserige bis dichte, oft mit schaliger Structur und nierförmiger Oberfläche vor, Leberblende, Schalenblende, die strahlige B. gehört meist zur folgenden Gattung (Wurtzit).

Durch die sehr vollk. Spaltb. nach dem Rhombendodekaëder ist das Mineral vor allen übrigen ausgezeichnet. H. = 3·5 .. 4, spröde. Auf ebenen Flächen



Diamantglanz, auch Fettglanz, vollk. Durchsichtigkeit bis zur Undurchsichtigkeit bei dunklen Exemplaren. Farbe meist braun und schwarz, oft grün, gelb, roth, selten sind farblose Exemplare. Strich meist gelb oder braun, seltener weiss. Beim Zersprengen oder Kratzen phosphoresciren manche Stücke. Durch Erwärmen werden manche polarelektrisch, wobei die Flächen und die Ecken des Tetraëders sich entgegengesetzt verhalten (Friedel). G. = 3·9 bis 4·2, die dichte B. hat meist ein geringeres G.

Chem. Zus. *ZnS* entsprechend 67 Zink und 33 Schwefel, doch ist häufig FeS isomorph beigemischt, besonders viel in den schwarzen Blenden, welche bis zu 20 Perc. Eisen mit etwas Mangan enthalten. Cadmium ist in vielen vorhanden, in manchen wurden auch Gallium, Indium, Thallium nachgewiesen. V. d. L. zerknistert die Blende heftig, schmilzt aber fast gar nicht, im starken Oxydationsfeuer gibt sie auf Kohle den Zinkbeschlag, durch Salpetersäure wird sie unter Abscheidung von Schwefel gelöst. Krystalle von der Form und Zus.

der Blende finden sich öfters unter den zufälligen Hüttenproducten, auch wurden solche künstlich dargestellt. Vergl. pag. 260.

Die Blende findet sich öfter selbstständig, gewöhnlich aber hegleitet sie den Bleiglanz, so dass nur wenige Bleiglanzlagerstätten frei von Blende sind. Auf Gängen der Massen- nnd Schichtgesteine kommt die Blende häufig mit Bleiglanz, Baryt und verschiedenen Schwefelverhindungen vor, wie z. B. hei Freiberg, oder auch mit Bleiglanz und Fluorit, wie im Münsterthal in Baden, in Devonshire; mit Bleiglanz und Carbonaten auf Quarz hei Přibram, besonders aher anf den ungarischen Erzgängen, dort öfters mit Silbererzen. Ungewöhnlich schön ist die gelbe Blende von Kapnik, die auf Quarz oft neben Manganspath, auch neben Fahlerz auftritt. Auf Kupferkiesgängen ist Blende nicht selten. In den krystallinischen Schiefern hildet sie zuweilen Linsen uud ganze Lager, im grössten Maassstabe hei Ammeberg am Wettersee in Schweden, in geringerer Ausdehnung bei St. Martin nächst Sterzing in Tirol, wo sie mit Magnetkies und Granat, auch Bleiglanz gefunden wird. Besonders hervorzuhehen ist das häufige Auftreten in Hohlräumen, Gängen und Trümern im Kalkstein und Dolomit, so z. B. jenes in einzelnen schönen Krystallen im Dolomit des Binnenthals oder jenes in grösseren bis kopfgrossen Krystallen und Individuen, welche schöne durchsichtige Spaltungsstücke liefern, in einem dunklen Kalkstein am Picos de Europa in Astnrien. Bei Raibl in Kärnten hilden Bleiglanz und Blende Krusten, Füllungen und stalaktitische Formen im Kalkstein, der in der Nähe gewöhnlich dolomitisch ist. In manchen Kalksteinen Würtembergs findet sich Blende in den Kammern der Ammoniten. Lagerstätten von Blende und Bleiglanz sind in vielen Kalksteinen und Dolomiten Nordamerikas bekannt. Die schwarze Blende findet sich schön bei Rodna in Siebenbürgen, bei Freiberg und Breitenbrnnn in Sachsen (Christophit, Breith.), bei Ems. Als Neuhildung wurden Ahsätze von Blende auf dem Holze alter Bergbaue durch Nöggerath und Bischof beohachtet.

Bei der Verwitterung der B. entsteht Zinkvitriol, bei Gegenwart von Kalkstein Zinkblüthe. Die Umwandlnng in Zinkspath nnd Kieselzink wurde an Pseudomorphosen erkannt.

Die B. dient gegenwärtig zur Gewinnung von Zink (Spiauter), welches jetzt für allerlei Gusswaaren eine ausgehreitete Verwendung findet und in der Legirnng mit Kupfer das Messing liefert, das schon seit alter Zeit bekannt ist und zu den verschiedensten Metallgeräthen verarbeitet wird. Früher verstand man es nicht, die Blende zu verhütten, den alten Bergleuten war die mit Bleiglanz gefundene B. eine Galena inanis und die dunkle ein Sterile nigrum. Das Mineral wurde als unhrauchbar auf die Halde geworfen. Im laufenden Jahrhunderte lernte man die Zinkbereitung aus der B. und es hildeten sich Gesellschaften zur Aufbereitung jener nun willkommenen Haldenvorräthe.

Die Substanz ZnS ist dimorph. Breithaupt fand die Strahlenblende von Přibram hexagonal, nach dem Prisma und der Basis spaltbar, und nannte sie Spiauterit. Später beobachtete Friedel hexagonales Schwefelzink von Oruro in Bolivien und nannte dasselbe Wnrtzit. Entsprechende Krystalle wurden als zufälliges Hüttenproduct gefunden und auch künstlich dargestellt. Der seltene Greenockit CdS ist ebenfalls hexagonal, A. V. = 1:0·812, und isomorph mit dem vorigen. Die künstlich dargestellten Krystalle sind nach Schüler rhomboëdrisch.

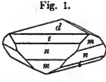
Digitized by Google

Zinnober (Cinnabarit).

Die meist kleinen Krystalle zeigen gewöhnlich eine rhomboëdrische Ausbildung. Die Basis *d* herrscht in der Regel vor, die Rhomboëder *n*, *i* und mehrere andere Rhomboëder, darunter das verwendete $-\frac{1}{2}R$ und das Prisma *m* bilden eine Reihe von Combinationen. (S. Mügge, Jahrbuch f. Min. 1882, Bd. 2.) *n* ist π (10$\bar{1}$1) $= R$, der R.-Winkel beträgt 108° 12′, der W. $d:n = 69° 17'$. *i* ist π (20$\bar{2}$5) $= \frac{2}{5}R$. D'Achiardi beobachtete an einem Krystall von Ripa bei Seravezza das Auftreten von Skalenoëder- und Prismenflächen in halber Anzahl und jener Vertheilung, welche einer trapezoëdrischen Tetartoëdrie entspricht. (Vergl. Quarz pag. 67.) An manchen Stufen wurden Zwillinge gefunden, in welchen *d* die Zwillingsebene. Gewöhnlich ist der Z. derb, körnig bis dicht, auch erdig.

Spaltb. ziemlich vollk. nach *m*, Bruch uneben oder splittrig. H. = 2 .. 2·5, mild. Diamantglänzend, durchsichtig bis durchscheinend, starke Doppelbrechung zeigend. $\omega = 2·854$, $\varepsilon = 3·201$ für roth. Descloizeaux erkannte zuerst die Erscheinungen der Circularpolarisation an diesem Mineral, dessen Drehungsvermögen 15mal so gross ist, als jenes im Quarz. Die Farbe ist cochenilleroth bis scharlachroth oder grau, der Strich scharlachroth. G. = 8·0 bis 8·2.

Fig. 1.



Chem. Zus. HgS entsprechend 86·2 Quecksilber und 13·8 Schwefel. Im Kölbchen erhitzt wird er sublimirt, im offenen Glasrohr verbrennt ein Theil des Schwefels und es bildet sich ein grauer aus Tröpfchen bestehender Quecksilberbeschlag. Mit Soda erhitzt wird er vollständig zerlegt und liefert Quecksilber, durch Salpetersalzsäure wird er gänzlich gelöst.

Der Z. liefert fast alles Quecksilber, welches in den Handel kommt, doch sind Lagerstätten desselben nicht häufig. In der Rheinpfalz erscheint er auf Gängen in Sandsteinen und Thonschiefern, die von Porphyrgesteinen durchsetzt und von Hornstein begleitet sind. Am bekanntesten ist der Fundort Moschellandsberg. Der Z. bildet Trümer und Schnüre, auch ist er als Imprägnation fein vertheilt. Seine Menge nimmt mit der Tiefe ab. Pyrit und Markasit begleiten ihn, öfters auch Erdpech und Asphalt. Zuweilen bildet er Pseudomorphosen nach Pyrit und Quecksilberfahlerz. Bei Münsterappel zeigten sich Zinnoberanflüge auf Fischresten und in Pflanzenversteinerungen. In der berühmten Lagerstätte von Idria in Krain ist der Z. im Schiefer und Dolomit vertheilt und bildet im Gemenge mit Erdpech (Idrialin) und Thon das Quecksilberlebererz oder als Imprägnation einer schwarzen schaligen Masse das Korallenerz. Bei Almaden in Spanien steckt der ganze Zinnoberreichthum in Sandsteinlagen, welche mit tauben Thonschiefern wechseln. Die reichsten Lagerstätten sind jene von Neu-Almaden in Californien, wo der Z. in und neben Serpentin auftritt. In den Eisenspathlagerstätten der Alpen findet sich derber Zinnober in geringer Menge. Merkwürdig ist das Vorkommen von Zinnoberstücken im Sinter heisser Springquellen in Island und Nordamerika. Alle Lagerstätten des Zinnobers entsprechen der Bildung durch aufsteigende Quellen.

Der Z. war schon im Alterthume bekannt. Bei Vitruv und Plinius heisst er Minium. Die Benützung als Farbe führte zur künstlichen Darstellung. Wenn jedoch Quecksilber und Schwefel zusammen gerieben werden oder das HgS aus Lösungen durch Schwefelwasserstoff gefällt wird, so erscheint es in der schwarzen Modification. Durch Sublimation wird es roth.

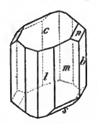
Auch die schwarze Modification des Schwefelquecksilbers vom G. = 7·7 ist als Mineral bekannt. Dieselbe wurde in Lake Cty. in Californien gefunden nnd von Moore Metacinnabarit genannt. Wenig verschieden, doch etwas zinkhaltig ist der Guadalcazarit Petersen's nnd der Onofrit, welcher etwas Selen enthält.

Hier sind zwei Manganverbindnngen einzuschalten. Die Manganblende (Alabandin) krystallisirt tetraëdrisch, herrschende Formen sind Oktaëder nnd Würfel. H. = 3·5 . . 4. Farbe schwärzlich, G. = 3·9 bis 4·1. Chem. Zus. MnS. Kapnik, Nagyag u. a. O. Der Hauerit MnS_2 gewöhnlich in Oktaëdern vorkommend, ist wegen der Isomorphie mit Pyrit hemerkenswerth. (Vergl. pag. 314.) Kalinka in Ungarn

Realgar.

Krystallform monoklin. Gewöhnliche Formen $m = (110)$, $l = (210)$, $b = (010)$, $c = (001)$, $n = (011)$, $s = (11\bar{1})$. Winkel (110) 105°34′, 001 : 011 = 23°58, 001 : 110 = 75°48, β = 66°5 nach Marignac. Spaltb. nach c und b deutlich, H. = 1·5 . . 2. Die Krystalle sind kurz, einzeln oder in Drusen vereinigt, morgenroth, durchsichtig bis durchscheinend, geben orangegelben Strich. Negative Doppelbrechung, A. E. parallel 010 wie beim Gyps, $aa = 53°$, $ac = 13°$. Oefters derb, körnig bis dicht. G. = 3·4 bis 3·6.

Fig. 1.



Chem. Zus. AsS, entsprechend 70·1 Arsen und 29·9 Schwefel. Im Kölbchen wird es durch Erbitzen sublimirt, v. d. L. auf Kohle verbrennt es mit weissgelber Flamme.

Die Verbindung wird oft künstlich dargestellt, in amorphen Stücken erhalten und als „Rubinschwefel“ oder „Sandarach“ in der Feuerwerkerei etc. benützt. Sie entsteht oft in Krystallen als zufälliges Hüttenproduct nnd bei Braunkohlenbränden, wurde auch in Vesuvlava gefunden.

Schöne Krystalle sieht man im Dolomit des Binnenthals, grosse auf den Erzgängen mit Antimonit, mit Blei- und Silbererzen bei Felsőbánya, Kapnik etc., derbe Füllungen mit Auripigment bei Tajowa in Ungarn.

Dem Tageslichte an der Luft ausgesetzt, wird das Mineral allmälig gelb und undurchsichtig, indem es in ein Gemenge von As_2S_3 und As_2O_3 verwandelt wird.

Auripigment (Operment, Rauschgelb).

Rhombisch, gewöhnlich $a = (100)$, $u = (110)$, $n = (120)$, $b = (010)$, $o = (011)$, $p = (122)$ zeigend. Winkel (110) 79°20′, (011) 96°30′. Kleine kurze Krystalle, stengelige oder körnige Aggregate. Spaltb. sehr vollk. nach a, dünne Blättchen biegsam, mild. H. = 1·5 . . 2 Fettglanz, auf b oft Perlmutterglanz. Durchsichtig bis durchscheinend. A. E. parallel 001. Citrongelb bis orangegelb, Strich gleich. G. = 3·4 bis 3·5. Chem. Zus. As_2S_3 entsprechend 61 Arsen und 39 Schwefel. Im Kölbchen erhitzt, sublimirt es, durch Kalilauge wird es vollständig gelöst.

Auch diese Verbindung wird künstlich dargestellt und als Malerfarbe (Königsgelb) gebraucht. Das Vorkommen ist sehr ähnlich dem des vorigen Minerales. Bei Tajowa bildet es Gangfüllungen in Thon, auf Erzgängen bei Kapnik, Felsőbánya u. a. O. wird es in geringer Menge angetroffen, in Kurdistan bei Julamerk in bedeutenden Quantitäten.

Fig. 1.

Der Dimorphin Scacchi's ist nach Kenngott identisch mit Auripigment.

Im Anhange zu den Blenden sind noch einige Minerale zu erwähnen, welche als Verbindungen eines Sulfides mit einem Oxyde zu betrachten sind:

Antimonblende (Rothspiessglaserz, Pyrostibnit). Diamantglänzende, nadelförmige Krystalle von kirschrother Farbe und der Zus. $2 Sb_2S_3 + Sb_2O_3$, die sich in der Hitze ähnlich wie Antimonit verhalten. Oefters als Umwandlungsproduct des Antimonits beobachtet. Bräunsdorf, Bösing Přibram etc. Die entsprechende künstlich dargestellte Verbindung ist der Kermes der Pharmacie. Karelinit $3BiO + BiS$, Bolivit, $Bi_2S_3 + Bi_2O_3$, Voltzin $4ZnS + ZnO$. Letzterer der Schalenblende ähnlich.

III. Classe: Oxyde.

Diese Classe umfasst einfache Oxyde und Hydroxyde, ferner auch einige diesen ähnliche, von Hydroxyden abgeleitete Verbindungen. Die Ordnungen von höherem specifischen Gewichte sind Oxyde und Hydroxyde schwerer Metalle. Diese wurden von Mohs als „Erze" zusammengefasst.

I. Ordnung: Hydroite.

Die Verschiedenheit von den übrigen Oxyden, die Eigenthümlichkeit der Verbreitung und die Grossartigkeit des Auftretens rechtfertigt die gesonderte Betrachtung des Wassers in der 1. Ordnung, welche mit dem von Breithaupt gebildeten Namen belegt wird.

Wasser.

Die Bedeutung des Wassers, als des hauptsächlichen Trägers der Bewegung im Mineralreiche, wurde im allgemeinen Theile besprochen. Ueber die Eigenschaften bleibt Weniges zuzufügen. Das Wasser liefert uns den Massstab für die Bestimmung vieler physikalischer Grössen, so auch des spec. Gew. Reines W. hat demnach das G. = 1, jene Wässer, welche Salze aufgelöst enthalten, zeigen ein höheres G., das Meerwasser 1·0275 (s. pag. 278). Reines W. ist farblos, nach Bunsen ist aber eine Schichte von 3 Metern Dicke im durchfallenden Lichte blau, durch zarte Trübung erscheint W. auch im auffallenden Lichte blau, die Farbe grosser Wassermengen rührt überdies von der Farbe des Grundes, von Beimischungen von kleinen Organismen etc. her, die oberflächliche, wechselnde Farbe von der Art der Beleuchtung und Spiegelung.

Reines Wasser leitet die Elektricität blos in sehr geringem Masse, absorbirt Wärmestrahlen in grösster Menge. Vom Schmelzpunkte an wird durch Er-

Digitized by Google

wärmung das Volumen des Wassers verkleinert, bei 4° C. ist der Wendepunkt, wonach das Wasser sich ausdehnt. Bei 100° C. ist sein Vol. 1·043mal so gross, als beim Schmelzen. Meerwasser und Salzlösungen überhaupt zeigen jene Anomalie zwischen 0° und 4° nicht.

Die Unterscheidung nach dem Auftreten als atmosphärisches W. als Gebirgsfeuchtigkeit, Quell-, Fluss-, See- und Meerwasser wurde früher angeführt. Von den Quellwässern mit einem grösseren Gehalt an Salzen oder den Mineralwässern kann man einer alten Nomenclatur gemäss jene, die viel $NaCl$ enthalten, als Soolquellen, die mit erheblichen Mengen von $NaCl$, KCl als muriatische Wässer, die an Na_2CO_3, K_2CO_3 reichen als alkalische, die mit grösseren Mengen von $CaCO_3$, $MgCO_3$, als erdige, jene mit viel Na_2SO_4, K_2SO_4, als salinische W. bezeichnen. Ausserdem werden öfters Glaubersalzwässer (Na_2SO_4), Bittersalzwässer ($MgSO_4$), eisenhaltige W. ($FeCO_3$), kieselhaltige W. (SiO_2) u. s. w. unterschieden, ferner nach den in grösserer Menge absorbirt enthaltenen Gasen: Säuerlinge (CO_2) und Schwefelwässer (H_2S). Thermalwässer mit sehr geringem Gehalte an fixen Bestandtheilen werden Akratothermen genannt, z. B. jene von Gastein, Pfäfers (vergl. pag. 278). (Lit. Pfaff, Das Wasser 1870; Tyndall, Das W. in seinen Formen als Wolken u. Flüsse etc. 1879; Dove, der Kreislauf d. W. auf der Oberfläche der Erde 1874.)

Eis.

Aus der Form der Schneesterne ist auf ein hexagonales Krystallsystem zu schliessen. Von einigen Beobachtern wurden an grösseren Eiskrystallen Combinationen von holoëdrischem Charakter wahrgenommen, während von anderen rhomboëdrische Gestalten angegeben werden. Eine Winkelmessung, durch welche die Grundform genauer bestimmt würde, ist noch nicht gelungen. Die Schneekrystalle sind netzartig ausgebildete Individuen oder auch Zwillingsbildungen. Der Entstehung dieser zierlichen Körperchen durch regelmässige Anlagerung von Wassermolekeln haben ausgezeichnete Männer, wie Bartholin, Kepler (de nive sexangula 1670) nachgeforscht. Die mannigfaltigen Formen wurden vielfach abgebildet. Fast immer herrscht der sechsgliedrige Bau, selten kommen vierstrahlige Sterne vor, die noch nicht sicher gedeutet sind.

Das Eis zeigt keine deutliche Spaltb., muscheligen Bruch, H. = 1·5. Die Schlagfigur besteht nach Klocke aus drei Strahlen, welche unter je 120° zusammentreffen. Tyndall machte die Beobachtung, dass durch Einwirkung eines Kegels von Sonnenstrahlen im Inneren des Eises scheibenförmige oder sechsgliedrige Schmelzformen entstehen, welche mit Wasser gefüllte negative Krystalle sind, deren grösste Fläche parallel der Basis. Das E. ist glasglänzend, farblos, in grossen Massen erscheint es blau oder auch grünlich gefärbt. An Eiskrusten, wie sich solche auf stillem Wasser bilden, beobachtete Brewster die optischen Erscheinungen einaxiger Körper, die optische Axe ist senkrecht zur Erstarrungsebene, die Doppelbrechung positiv. Dass die Individuen der Eiskrusten mit den Hauptaxen parallel sind, wird auch dadurch bestätigt, dass beim Schmelzen zuweilen ein Zerfallen in stengelige Stücke im selben Sinne eintritt.

Das G. ist 0·9175 nach Dufour, demnach dehnt sich das Wasser beim Gefrieren um $\frac{1}{11}$ seines Volumens aus, und das Eis bildet sich an ruhigen Wassermassen immer zuerst an der Oberfläche. Beim Gefrieren scheiden sich die absorbirten Gase aus und bilden rundliche Einschlüsse, selten negative Krystalle. Auch die gelösten Salze werden dabei ausgeschieden, daher das Meereis frei von Salzen ist oder solche nur in den Einschlüssen enthält.

Das E. hat je nach der Bildungsweise sehr verschiedene Formen. Als Schnee erscheint es bald in klaren, eisigen Kryställchen, bald in weissen, wie gepudert aussehenden Körperchen oder in grösseren Flocken, als Reif in dünnen oft wie mehlig aussehenden Ueberzügen oder in zierlich blumenartigen oder flockigen Absätzen; in den Gräupeln bildet es lockere Körner, dem Reif ähnlich, im Hagel hingegen solide Körner, die pyramidal geformt sind, eine abgerundete Basis und, von der Spitze der Pyramide gerechnet, eine radialfaserige Textur haben; zuweilen fallen auch Agglomerate solcher Körner. Als Tropfeis zeigt es stalaktitische Gestalten, als Krusteneis Ueberzüge, als Scholleneis Tafeln von verschiedener Dicke und der früher genannten Zusammensetzung auf Eisfeldern, auf stehenden und fliessenden Süsswässern und auf dem Meere. Als Bodeneis kommt es für sich in Lagern oder als Bindemittel von Eisconglomeraten im Boden arktischer Gegenden, besonders in Sibirien in wechselnder Tiefe unter der Erdoberfläche vor.

Eine eigenthümliche Bildung hat das Grundeis, welches am Grunde von Bächen und Flüssen als schwammige Masse an rauhen Stellen angesetzt wird, indem die beim Abkühlen des fliessenden Wassers innerhalb desselben gebildeten Eisnadeln an hervorragende Gegenstände anfrieren.

In den höchsten Regionen der Gebirge fällt aller atmosphärischer Niederschlag als Schnee, der auch im Sommer sich erhält und als Hochschnee bezeichnet wird. Durch theilweises Schmelzen in der Sonne und neues Zusammenfrieren bildet sich daraus eine krümliche Masse, der Firn, aus welchem durch Zusammenschmelzen der Körner das Gletschereis hervorgeht. Dieses reicht, in der Gestalt von Gletschern zungenförmig in Thälern lagernd, unter die Grenze des ewigen Schnees hinab, bei uns oft bis in die Waldregion. Die Gletscher der Polargegenden reichen häufig ins Meer hinein. Bruchstücke derselben bilden die schwimmenden Eisberge.

Das Gletschereis ist körnig, die Körner sind Individuen. Nach Hugi nimmt die Grösse derselben allmälig zu, wodurch sich die fortschreitende Bewegung der Gletscher erklären würde. (Lit. Klocke, Jahrb. Min. 1881. Bertin, Compt. rend. Bd. 63. Forel u. Hagenbach-Bischoff, Archives des sc. phys. et nat. de Genève 1882.)

2. Ordnung: Leukoxyde.

Dieselben sind glasglänzend, zeigen weissen Strich, ein G. unter 4, und geben, auf Kohle erhitzt, keinen Beschlag.



Brucit, *Beudant* (Talkhydrat).

Tafelförmige, rhomboëdrische Krystalle, an denen ausser der Endfläche mehrere Rhomboëder auftreten, oder derbe schuppige, seltener faserige Aggregate. Winkel $0001 : 10\bar{1}1 = 60^\circ 21'$. Nach der Endfl. sehr vollk. Sp., mild. H. = 2. Dünne Blättchen sind biegsam. Glasglanz, auf der Endfl. Perlmutterglanz. Farblos, weiss, auch grünlich. Das Mineral ist dem Talk ähnlich, von dem es aber schon optisch leicht unterschieden wird, weil es sich einaxig und positiv verhält. G. = 2·3 bis 2·4.

Chem. Zus. MgH_2O_2 oder $MgO . H_2O$, entsprechend 69 Magnesia und 31 Wasser. Oefters ist ein geringer Eisengehalt gefunden worden. Beim Erhitzen im Kölbchen gibt der B. Wasser, bei der Probe mit Kobaltsolution wird er blassroth, durch Säuren wird er gelöst. Der B. findet sich bisweilen in Gängen und Trümern in Serpentin, wie bei Texas in Pennsylvania, woher die grössten Krystalle und Tafeln kommen, oder auf der Insel Unst, derb im Kalkstein, wie bei Filipstad in Schweden, oder an der Contactzone im Kalkstein eingesprengt, wie bei Predazzo in Südtirol. Das Gemenge von Kalkstein und Brucit, welches hier auftritt, wurde mit den Namen Predazzit und Pencatit belegt. Der faserige B., welcher bei Hoboken in New-Jersey im Serpentin vorkommt, wurde Nemalith genannt. Durch Aufnahme von Kohlensäure geht der Brucit in Hydromagnesit über.

Der Völknerit oder Hydrotalkit scheint ein Gemenge von Brucit und Gibbsit zu sein, der demselben ähnliche Houghit findet sich pseudomorph nach Spinell.

Der Periklas MgO bildet kleine Oktaëder oder Hexaëder im Kalk der Auswürflinge des Monte Somma am Vesuv. H. = 6.

Der trikline Sassolin BH_3O_3 wurde als Absatz der Fumarolen auf der Insel Volcano, als Quellenabsatz bei Sasso in Toscana gefunden. Die heissen Dämpfe, welche bei Volterra und Massa maritima in Spalten (Soffioni) empordringen, sind reich an Borsäure, welche beim Durchleiten der Dämpfe durch Wasser von diesem absorbirt und daraus in perlmutterglänzenden Blättchen erhalten wird. Sie dient namentlich zur Darstellung von Borax und Boroxyd B_2O_3 (Borsäure-Anhydrid).

Der Gibbsit oder Hydrargillit $Al_2H_6O_6$ erscheint zuweilen in sechsseitigen Blättchen von monokliner Form, gewöhnlich aber in schuppig körnigen, auch in faserigen Aggregaten bei Slatoust im Ural, Villarica in Brasilien, an mehreren Orten in Nordamerika.

Der Beauxit, auch Bauxit und Wochelnit genannt, hat das Aussehen eines rothen Thones. Enthält viel Aluminiumhydroxyd. Wird zur Darstellung von Alaun und von Aluminium verwendet. Beaux bei Arles, Feistritz in der Wochein (Krain) etc.

Diaspor, *Hauy*.

Die zuweilen vorkommenden tafelförmigen Krystalle sind rhombisch. Winkel $(110) 50^\circ 6'$, $(011) 61^\circ 18'$. Spaltb. nach (010) sehr vollk., nach (110) wenig vollk., sehr spröde. H. = 6. Gewöhnlich bildet er blätterige Aggregate, ist farblos, blassgrün oder bläulich, oft äusserlich durch Eisenhydrat gelblichbraun gefärbt. Durchsichtig bis durchscheinend, die farbigen Exemplare bieten einen deutlichen Trichroismus. Auf der Spaltfläche zeigt sich öfters Perlmutterglanz, sonst Glasglanz. G. = 3·3 bis 3·5.

Chem. Zus. $Al_2H_2O_4$ entsprechend 85·1 Thonerde und 14·9 Wasser. Beim Erhitzen zerknistern manche Exemplare. Das Wasser entweicht erst beim Glühen.

Digitized by Google

Der D. ist unschmelzbar, wird bei der Probe mit Kobaltsolution blau, durch Säuren ist er nur schwer angreifbar. Fundorte sind Kossoibrod am Ural, Schemnitz in Ungarn, wo er, in einem steinmarkähnlichen Mineral (Dillnit) eingeschlossen, in farblosen Krystallen vorkommt; Campolongo im Tessin, wo er mit Korund im Dolomit gefunden wird; Greiner im Zillerthal, wo er mit Cyanit, Naxos, wo er mit Smirgel verbunden ist; Unionville in Pennsylvanien, wo er von Margarit begleitet wird.

Korund.

Wegen seiner enormen Härte schon im Alterthume bekannt und als Schmuckstein, sowie zum Bearbeiten der weicheren Steine benützt. Die Bezeichnungen

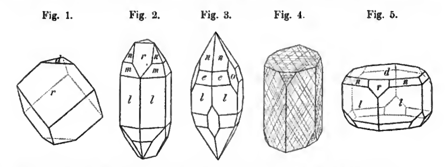


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Smyris, Asteria, Sapphir sind uralt. Korund ist ein indischer Name. Die Krystalle sind meist lose oder eingeschlossen und zeigen rhomboëdrische Formen.

Bisweilen sieht man einfache Rhomboëder mit der Basis wie in Fig. 1, oder kurze Prismen, an welchen $d = (0001) = 0R$, $l = (11\bar{2}0) = \infty P2$, auch $r = \pi(10\bar{1}1) = R$ und $n = (22\bar{4}3) = \frac{4}{3}P2$ auftreten, Fig. 5, häufig aber langsäulenförmige und spitzpyramidale Gestalten, an welchen m, n, e herrschen. $e = (44\bar{8}3) = \frac{8}{3}P2$, $m = (22\bar{4}1) = 4P2$, $o = \pi(02\bar{2}1) = -2R$. Rhomboëderwinkel $= 93^\circ 56'$. Isomorphie mit Eisenglanz. (Ueb. d. Formen: Kokscharow, Klein, s. Jahrb. f. Min. 1871, pag. 487.)

Die Flächen des Deuteroprisma und der Deuteropyramiden sind horizontal gerieft oder im selben Sinne wellig gekrümmt. Oefter wird eine Zwillingsbildung nach R bemerkt, indem Lamellen parallel diesen Flächen eingeschaltet erscheinen, Fig. 4. Dem entspricht auch die auf der Basis öfter vorkommende Riefung, welche diese Fläche in sechs Sectoren theilt. Bisweilen ist auch eine isomorphe Schichtung zu bemerken, Fig. 6.

Fig. 6.

Eine Spaltb. ist nicht erkennbar, die schalige Absonderung nach r und auch nach d oft sehr deutlich. Der Bruch ist muschelig bis splittrig, H. $= 9$. Selten ist der K. wasserhell und farblos, meist gefärbt, glasglänzend, auf d zeigt sich manchmal, besonders an geschliffenen Exemplaren, ein Asterismus (s. pag. 145) entsprechend der früher genannten Riefung. Die Doppelbrechung ist schwach, $\omega = 1{\cdot}768$, $\varepsilon = 1{\cdot}760$ für

roth, der opt. Charakter demnach negativ. Die Krystalle sind häufig deutlich einaxig, manche aber ebenso deutlich zweiaxig. Der Axenwinkel ist oft grösser als 10°. Jene Krystalle mit den Sectoren auf der Endfläche verhalten sich im polaris. Lichte wie Drillinge zweiaxiger Individuen. Mallard betrachtet alle Korundkrystalle als mimetische. Die Individuen müssten dann monoklin sein. (Aut. Min. petr. Mitth. Bd. 1, pag. 362.) G. = 3·9 bis 4.

Die chem. Zus. ist Al_2O_3, also blos Thonerde, entsprechend 53·4 Aluminium und 46·6 Sauerstoff. V. d. L. ist der K. unschmelzbar, bei der Probe mit Kobaltsolution wird er blau, von Soda wird er gar nicht angegriffen, in der Boraxperle aber langsam aufgelöst. Durch Säuren wird er nicht gelöst, durch Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali aber aufgeschlossen.

Die künstliche Darstellung in Krystallen und mit Nachahmung der natürlichen Farben gelang Ebelmen, Deville u. a., doch waren die Krystalle immer nur von geringer Grösse.

Der Korund findet sich in Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, ferner auch in körnigem Kalkstein und Dolomit, bald in einzelnen Krystallen, bald in derben Stücken oder körnigen Massen. Er zeigt mannigfache Verwachsungen mit anderen Mineralen, so mit Spinell, Fibrolith, Glimmer. Zuweilen finden sich nach Genth vollständige Pseudomorphosen, welche die Verwandlung von Korund in diese Minerale andeuten.

Die durchsichtigen Arten des Korunds werden im Allgemeinen Sapphir genannt und, wofern sie schöne Farben zeigen, als Edelsteine sehr geschätzt. Die Juweliere unterscheiden die rothen als Rubin oder orientalischen Rubin, die gelben als orientalischen Topas, die violetten als orientalischen Amethyst. In dem blauen Sapphir ist das Pigment öfters ungleich vertheilt und man bemerkt sodann blaue Körner in dem farblosen oder blassen Individuum. Die schönen Exemplare aller dieser Steine kommen von secundären Lagerstätten aus Indien, aus Ceylon. Der blaue Sapphir dieser Herkunft wurde von Werner Salamstein genannt. Ein merkwürdiges Vorkommen ist der blaue Sapphir in Körnern als fremder Einschluss in Basalten am Rhein u. a. O.

Die wenig durchsichtigen, verschiedentlich gefärbten, meist blauen, grünen, braunen Arten werden als Korund oder als Demantspath bezeichnet. Sie finden sich nicht nur lose, sondern auch häufig im Gestein in Indien, Ceylon, China; bei Miask im Ilmengebirge, bei Katharinenburg am Ural Am Gotthard zeigt sich der K. im Dolomit. Ein bedeutendes Vorkommen ist jenes bei Chester in Massachusetts, wo er mit Magnetit eine Ader im Glimmerschiefer bildet, ferner in der Culsagee-Grube in Nord-Carolina, wo grosse, bis über 3 Ctr. schwere Krystalle gefunden wurden.

Der Smirgel ist körniger Korund von grauer, brauner, blauer Farbe, oft im Gemenge mit Magnetit oder Eisenglanz. Sehr bekannt ist das Vorkommen auf Naxos. Auch am Gummuchdagh in Kleinasien und bei Chester in Massachusetts wird er gefunden. Er dient so wie der Demantspath als ein vorzügliches Schleifmittel.

Der Jeremejewit, $AlBO_3$ von Adun tschilon ist hexagonal. H. = 6·5, G. = 3·28.

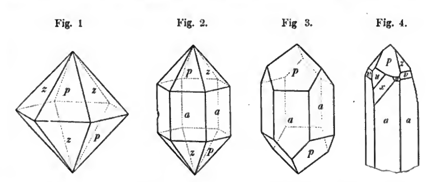
Quarzgruppe.

Die hierhergehörigen Minerale haben H. = 5·5 bis 7, G. = 1·9 bis 2·6. Sie bestehen wesentlich aus Siliciumdioxyd ($Si\,O_2$), welches theils krystallisirt auftritt und in diesem Falle dimorph erscheint: Quarz und Tridymit, theils dicht als Chalcedon oder amorph als Opal vorkommt, in diesem Mineral mit Wasser verbunden.

Quarz.

Der Name diente den Bergleuten schon im Mittelalter zur Bezeichnung der auf Erzgängen vorkommonden Arten, wogegen im Alterthume der durchsichtige Quarz Krystall genannt wurde.

Die Form ist rhomboëdrisch, der trapezoëdrisch-tetartoëdrischen Abtheilung zugehörig. Die schwebend gebildeten Krystalle haben meist das Aussehen einer



sechsseitigen Pyramide, Fig. 1. Die Form der trüben sitzenden Krystalle mit dem Prisma *a* gleicht ebenfalls einer hexagonalen Combination, Fig. 2. An vielen Krystallen sind jedoch die Flächen des Rhomboëders *p* grösser als dio des verwendeten Rhomboëders *z*, oder *p* herrscht allein, Fig. 3. Die durchsichtigen Krystalle lassen aber sehr häufig den tetartoëdrischen Charakter durch das Auftreten der Flächen *x* und anderer skalenoëdrischer Flächen (Trapezflächen), ferner der Flächen *s* (Rhombonflächen) erkennen. Bisweilen findet sich auch das dreiseitige Prisma *i*, dessen Flächen die Lage $\infty P2$ haben. Rhomboëder, welche steiler sind als *p* und *z*, kommen ziemlich häufig vor. Merkwürdig ist das Fehlen der Basis. Die bisher in dieser Lage gefundenen Flächen dürften sämmtlich als Abformungen zu betrachten sein.

Das Prisma *a* ist horizontal gerioft oder in diesem Sinne wellig gekrümmt, die steilen Rhomboëder erscheinen oft als matte Flächen mit starker horizontaler Riefung, *s* ist bisweilen parallel der Kante *ps* fein gerieft. Die Flächen *p* und *z* sind öfters mit dreiseitigen Erhabenheiten besetzt. Manchmal sind *p* und *z* verschieden. *p* glänzend, *z* matt. Die Gestalt der Krystalle ist oft mannigfaltig verzerrt und sie erscheint skelettartig oder wie zerfressen.

Digitized by Google

Häufiger vorkommende Flächen sind:[1])

$p = (10\bar{1}1) = R$	$z = (01\bar{1}1) = -R$	$x = (51\bar{6}1) = +\frac{6P\frac{6}{5}}{4}$
$o = (30\bar{3}1) = 3R$	$h = (07\bar{7}2) = -\frac{7}{2}R$	$x' = (6\bar{1}\bar{5}1) = -\frac{6P\frac{6}{5}}{4}$
$t = (40\bar{4}1) = 4R$	$w = (07\bar{7}1) = -7R$	$u = (31\bar{4}1) = +\frac{4P\frac{4}{3}}{4}$
$q = (50\bar{5}1) = 5R$	$l = (0, 11, \overline{11}, 1) = -11R$	$u' = (4\bar{1}\bar{3}1) = -\frac{4P\frac{4}{3}}{4}$
$a = (10\bar{1}0) = \infty R$	$s = (11\bar{2}1) = +\frac{2P2}{4}$	$d = (21\bar{3}1) = +\frac{3P\frac{3}{2}}{4}$
$i = (11\bar{2}0) = \frac{\infty P2}{4}$	$s' = (2\bar{1}\bar{1}1) = -\frac{2P2}{4}$	$d' = (3\bar{1}\bar{2}1) = -\frac{3P\frac{3}{2}}{4}$

Mittels der Flächen x und s unterscheidet man rechte und linke Krystalle. Die Fig. 4, 5 stellen linke, die Fig. 6, 8 rechte Krystalle dar. Ist s allein vor-

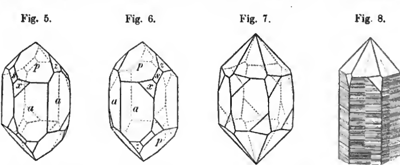


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

handen, so entscheidet die Riefung, wie dies Fig. 9 angibt. Selten kommen an rechten Krystallen untergeordnet auch linke Flächen vor und umgekehrt, z. B. an einem rechten Krystall auch u'. Man urtheilt immer nach dem Vorkommen von x und s; wenn diese Flächen nicht ausgebildet sind, entscheidet die Aetzung oder das optische Verhalten.

Der Rhomboëderwinkel des Quarzes beträgt 85° 45′. Einige charakteristische Winkel sind:

$p:z$ herablaufende Kante	= 46° 16′	$x:a$	= 12° 1′
$p:z$ horizontale „	= 76 26	$s:a$	= 37 58
$p:a$ „ „	= 38 13	$s:p$	= 28 54
$z:a$ „ „	= 38 13	$p:t$	= 27 5

Obwohl die Krystalle gewöhnlich wie einfache aussehen, so sind doch die meisten aus mehreren Individuen zusammengesetzt. Man unterscheidet hier mehrerlei Bildungen.

[1]) Zur Bezeichnung dienen die Symbole der holoëdrischen Formen, welchen aber, namentlich jenen der eigentlich tetartoëdrischen, ein $\varkappa\pi$ vorzusetzen wäre, z. B.: $x = \varkappa\pi\,(51\bar{6}1)$. In den Naumann'schen Symbolen wird für die letzteren Formen an dem Symbol der hexagonalen Form der Nenner 4 angebracht, rechts und links durch + und − unterschieden.

1. Am häufigsten sind Individuen gleicher Drehung zwillingsartig nach dem Gesetze verwachsen, dass die Hauptaxe Zwillingsaxe ist, Fig. 7 und 8. Dieses Gesetz wird auch so ausgedrückt, dass ∞R die Zwillingsebene. Auf pag. 88 sind die hierhergehörigen Durchdringungszwillinge beschrieben. Merkwürdigerweise sind aber die Individuen mit ihren Axen meistens nicht genau parallel gelagert, indem die Prismenflächen *a* der verschiedenen Individuen nicht zusammenfallen, sondern schwach ein- und ausspringende Winkel bilden, ebenso die Flächen *p* der einen und die Flächen *z* der anderen Individuen von einander um etwas abweichen, auch öfters ein verschiedenes Niveau haben.

2. Individuen von entgegengesetzter Drehung bilden Ergänzungszwillinge. Selten sind derlei Bildungen so einfach wie in Fig. 10; gewöhnlich sind die hierhergehörigen Krystalle aus Lamellen von entgegengesetzter Drehung, welche parallel *p* abwechselnd gelagert sind, zusammengesetzt Fig. 11. Dann zeigt sich,

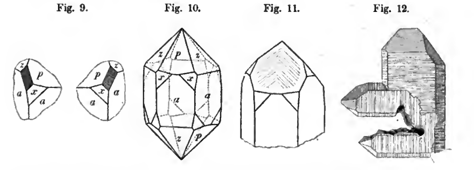


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

wie Descloizeaux und v. Rath beobachteten, öfters eine zarte Riefung parallel der letzteren Richtung auf dem Prisma, zuweilen auch auf den anderen Flächen.

3. Zwei Individuen sind an der Zwillingsebene $P2$ verbunden, die Hauptaxen derselben weichen um 84°33′ von einander ab. Diese Zwillinge kommen nicht häufig vor, Fig. 12. Quarz von Traversella nach Websky.

4. Viele Individuen gleicher Drehung sind mit einander in der Richtung einer horizontalen Axe nahezu parallel verbunden. Die Hauptaxe jedes folgenden Ind. weicht gegen die des vorigen um einen kleinen Betrag ab. Die aneinander stossenden Flächen der einzelnen Ind. setzen sich zu grossen windschiefen Flächen zusammen. Derlei gewundene Krystalle kommen nicht selten unter den Bergkrystallen der Schweiz vor. Die Abweichung vom Parallelismus der Hauptaxen ist von derselben Art wie bei der Verwachsung der ersten Art [1]).

[1]) Wichtige Schriften über die Krystallisation des Quarzes sind folgende:

G. Rose's Arbeit in den Abhandlungen der Berliner Ak. 1844. Descloizeaux, Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du Quartz. Memoiren der Pariser Ak. 1858. Sella, Studii sulla mineralogia sarda 1859. E. Weiss, Abh. der naturf. Gesellsch. z. Halle. Bd. 5. (1860.) Websky (Q. v. Striegau), Zeitschr. d. geol. Gesellsch. Bd. 17. (1865.) Jahrb. für Min. 1871. v. Rath (Q. v. Palombaja), Zeitschr. d. geol. Gesellsch. Bd. 22. (1870.) (Q. v. Zöptau.) Zeitschr. f. Kryst. Bd. 5. (1880.) Groth (Amethyst v. Brasil. ebendas. Bd. 1, pag 297).

Die bisweilen vorkommende regelmässige Orientirung, welche Quarzkrystalle, die auf Kalkspath sitzen, diesem gegenüber zeigen, wurde von Breithaupt, Eck, v. Rath beschrieben, die bestimmte Orientirung von Quarz und Feldspath im sog. Schriftgranit und den entsprechenden Drusen von Breithaupt [1]).

Die Krystalle führen ungemein häufig Einschlüsse, die entweder krystallisirte Minerale, wie: Chlorit, Epidot, Rutil, Eisenglanz etc., oder amorphe Körper, als: Glas-, Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse sind, pag. 108. Beim Kappenquarz bewirken schichtenförmig gelagerte Glimmerblättchen oder dergl. eine schalige Absonderung, pag. 105..

Eine regelmässige Spaltb. ist am Quarz nicht zu bemerken, doch finden sich manchmal Krystalle oder häufiger derbe Stücke, welche nach *p* ziemlich ebene Trennungsflächen liefern. Der Bruch ist muschelig, in den Aggregaten auch uneben bis splitterig, die H. = 7. Die Aetzfiguren sind pag. 140, die entsprechenden Lichtfiguren pag. 145 angegeben.

Auf Krystall- und Bruchflächen herrscht Glasglanz, der auf den letzteren oft in Fettglanz übergeht. Die Färbung ist mannigfaltig, doch sind farblose und weisse Stücke gewöhnlich. Der Q. ist optisch einaxig, positiv mit schwacher Doppelbrechung, $\omega = 1{\cdot}5418$, $\varepsilon = 1{\cdot}5508$ für roth. Die Erscheinungen der Circularpolarisation wurden pag. 188 angeführt, jene der Pyro-Elektricität pag. 208. G. = 2·5 bis 2·8 für reinen Q. 2·653 nach Schaffgotsch.

Chem. Zus.: SiO_2 entsprechend 46·7 Silicium und 53·3 Sauerstoff. Durch Kalilauge nur schwierig auflöslich. Durch Säuren unauflöslich, ausgenommen durch Flusssäure, v. d. L. unschmelzbar, im Knallgasgebläse zur amorphen Masse von G. = 2·2 schmelzbar. Mit Soda schmilzt er unter Schäumen zu Glas zusammen.

Die künstliche Darstellung des Quarzes gelang Senarmont durch Erhitzen von gelatinöser Kieselsäure mit Wasser unter hohem Drucke. Aehnliche Versuche wurden von Friedel und Sarasin ausgeführt. Daubrée erhielt Quarz neben anderen Silicaten beim Zersetzen von Glas durch überhitzte Wasserdämpfe, Hautefeuille durch Schmelzprocesse, s. pag. 261.

Der Quarz ist das häufigste Mineral, da er nicht nur für sich als Quarzit, als Sand und Sandstein grosse Massen bildet, sondern auch in jenen primären und secundären Felsarten, welche die Hauptmasse der Erdrinde ausmachen, als wesentlicher Gemengtheil oder als Begleiter enthalten ist. Die Entstehung aus Lösungen lässt sich an den jüngsten Bildungen verfolgen, da in Braunkohlen, Muschelversteinerungen, im versteinerten Holze, ja auch auf antiken Bronzegegenständen Quarzkrystalle gefunden wurden.

Einige wichtige Arten sind in Folgendem angegeben.

Als **Bergkrystall** bezeichnet man die klaren durchsichtigen, sitzenden Krystalle, welche sich namentlich in den Alpen als Auskleidungen linsenförmiger oder unregelmässiger Hohlräume und Spalten in krystallinischen Schiefern finden. Sie werden im unwegsamen Hochgebirge oft mit Lebensgefahr von den „Strahlern“

[1]) **Breithaupt, Eck**, Zeitschr. d. geol. Gesellsch. Bd. 18, v. **Rath**, Pogg. Ann. Bd. 155.

aufgesucht. Kleinere Exemplare bringen die Gletscher herab. Ein „Krystallkeller“ am Zinkenstock im Berner Oberland lieferte im Jahre 1735 Krystalle von zusammen 1000 Ctr. Von der Insel Madagaskar kamen ehedem riesige Exemplare bis zu 8 Metern im Umfang. In älterer Zeit wurde der Bergkrystall häufiger als jetzt zu Gefässen und Luxusgegenständen verschliffen. Mit jenen, welche in Folge von Sprüngen das Irisiren zeigen, oder welche besonders geformte Einschlüsse führen, wurde früher oft Spielerei getrieben. Sehr reine Exemplare dienen für optische Zwecke, zu Normalgewichten etc.

Die rundum ausgebildeten schönen Krystalle, welche namentlich in Mergeln bisweilen vorkommen, werden gern mit Diamanten verglichen, z. B. die Marmaroser Diamanten. Prachtvoll klare Bergkrystalle stecken zuweilen in Klüften des weissen Marmors von Carrara.

Die rauchbraunen Krystalle werden als Rauchtopas oder Rauchquarz, die schwarzen als Morion bezeichnet. Die Färbung rührt nach A. Forster von einer kohlenstoffhaltigen, in der Hitze flüchtigen Substanz her. Die Krystalle werden daher durch Glühen farblos und können sodann als Bergkrystall verwendet werden. Die grössten Rauchquarze wurden 1868 am Tiefengletscher im Canton Uri gefunden. Gelber Bergkrystall heisst Citrin, doch ist das, was man so nennt, meistens ein gebrannter Amethyst.

Amethyst ist ein alter Name für violblaue durchsichtige Stücke, welche bei reiner Färbung als Schmucksteine benutzt werden. Die Krystalle, welche als Auskleidung hohler Achatkugeln, ferner auch auf Gängen vorkommen, tragen häufig die Comb. $R \,.\, \infty R$, wie Fig. 3. Bei der optischen Prüfung zeigen sie sich aus Lamellen und Theilen, welche abwechselnd rechts- und linksdrehend sind, zusammengesetzt, Fig. 11. An Stellen, wo beiderlei Quarz gemischt ist, verschwindet die Drehung und es zeigt sich im convergenten Lichte das schwarze Kreuz ungestört, wo rechts- und linksdrehende Schichten übereinander liegen, erblickt man Airy'sche Spiralen. Die Durchkreuzung der Lamellen veranlasst bisweilen in grösseren Krystallen eine stengelige Textur. Selten sieht man deutliche Ergänzungszwillinge, Fig. 10 u. 11. Die Farbe ist oft ungleichmässig vertheilt, manchmal wechseln farblose und gefärbte Lamellen. Die stärker gefärbten Theile sind optisch zweiaxig. Schöne violette Stücke kommen aus Brasilien und Ceylon, grosse, oft skelettartige oder scepterförmige Krystalle aus dem Zillerthal, Drusen kleinerer Krystalle von Schemnitz. Wenn der Amethyst geglüht wird, verliert er bei 250° die violette Farbe und wird gelblich; damit ist auch jene Zweiaxigkeit verschwunden. Die Färbung und optische Anomalie beruht also hier auf einem leicht zerstörbaren Stoffe. Viele Amethyste bieten einen Wechsel von durchsichtigen und von weissen trüben Schichten. Dieselben optischen Charaktere, welche an den violetten wahrgenommen werden, zeigen sich auch an manchen gelblichen, grünlichen, farblosen und nelkenbraunen Krystallen, daher man solche auch zum Amethyst rechnet. (Lit. Böcklen, Jahrb. f. Min. 1883. I. 62.)

Die Gangquarze sind nicht gleichartig, sondern man kann jene der sulfidischen Erzgänge, welche sich an den Amethyst anschliessen, von denen der Zinnerzformation, die oft rauchgrau und stellenweise getrübt sind, ferner jene

auf Carbonatgängen, welche sich dem Bergkrystalle nähern, endlich den gemeinen krystallisirten Quarz, der gewöhnlich ganz trübe Krystalle zeigt und auf tauben Gängen und Klüften vorkommt, sowie noch mehrere andere unterscheiden. Pseudomorphosen sind eine ziemlich häufige Erscheinung, und zwar vor Allem die Verdrängungen von Kalkspath, Fluorit, Baryt. Dadurch und durch das ganze Auftreten sind alle die genannten Vorkommen des Quarzes und was damit zusammenhängt als Bildungen aus wässeriger Lösung charakterisirt. Dem entspricht auch das häufige Vorkommen zerbrochener Krystalle, an denen die Bruchflächen durch Ansatz neuer Substanz ausgeheilt oder drusig geworden sind.

Von dem derben Quarz werden ausser dem gewöhnlichen körnigen Vorkommen auch noch einige durch die Textur ausgezeichnete Arten unterschieden. Z. B.:

Faserquarz, parallelfaserige bis stengelige Platten, welche ihr Gefüge von Fasergyps, Faserkalk etc. ererbt haben, wie der Faserquarz von Wettin bei Halle.

Zellquarz, zellig, oft mit deutlichen Abformungen von Zellenkalk, Kalkspath, Ankerit, Baryt etc., nicht selten wie zerhackt aussehend. Beispiele liefern viele Quarze aus den krystallinischen Schiefern der Alpen.

Sternquarz, radialstengelig, wie jener von Starkenbach in Böhmen.

Ausserdem werden durch Farbe oder durch Einschlüsse charakterisirte Varietäten unterschieden, wie der Milchquarz, der Rosenquarz. Der lauchgrüne Prasem von Breitenbrunn enthält Strahlstein, das grünlichgraue bis braune Katzenauge aus Ostindien, von Hof etc parallel gelagerte Amianthfasern.

Der gelbe, rothe oder braune Avanturin vom Altai etc. enthält Glimmerschüppchen oder zeigt feine Risse, der blaue Sapphirquarz von Golling soll Fasern von Krokydolith einschliessen. Gelbe oder rothe Quarze, welche durch Brauneisenerz oder Rotheisenerz gefärbt sind, werden Eisenkiesel genannt, z. B. jener von Eibenstock, Johanngeorgenstadt. Der graue bis braune Stinkquarz von Osterode etc. stinkt beim Reiben oder Schlagen in Folge eines Bitumengehaltes. Beide letztere Varietäten sind öfters auch krystallisirt.

Der in den Felsarten in grosser Menge auftretende Quarz begreift eine Anzahl von Arten in sich, von welchen einige besonders wichtig sind.

Der Porphyrquarz bildet schwebende Krystalle von der Form $R \,.\, -R$ (Fig. 1) von matter Oberfläche und meist grauer Farbe im Quarzporphyr, Granitporphyr etc. Oft finden sich auch Bruchstücke solcher Krystalle, namentlich im Porphyrtuff.

Der Granitquarz stellt eingesprengte Körner dar, welche meist grau und ziemlich durchsichtig sind und einen wesentlichen Gemengtheil vieler Granite und Gneisse ausmachen.

Der Lagenquarz erscheint in kleinkörnigen Lagen in manchem Gneisse, im Glimmerschiefer. Für sich bildet derselbe den schiefrigen oder plattigen Quarzit.

Der Trümerquarz von körniger, oft sehr grobkörniger Textur bildet Trümer in den Kieselgesteinen, besonders in den krystallinischen Schiefern. Zu-

weilen treten aber im Bereiche der letzteren weithin gestreckte Gänge auf als körniger Quarzit. Im bairischen nnd böhmischen Walde sind solche Gänge zahlreich. Der Quarzgang von Beudel bei Tirschenreuth setzt senkrecht auf und dehnt sich sieben Stunden weit fort durch Granit, Gneiss und Hornblendefels. Entblösste Quarzgänge ragen oft wie Mauern empor, z. B. in Arizona der goldführende Mossgang, welcher bis 100 Fuss hohe Mauern bildet.

Die letzteren, stark verbreiteten Arten erscheinen auch auf secundärer Lagerstätte in der Form von Geröllen und Geschieben, von Sand, ferner als grobes oder feines Pulver in den thonigen Ablagerungen und dementsprechend in Conglomeraten, Sandsteinen und Thonschiefern.

In derlei Felsarten, ferner in zersetztem primären Gestein findet sich der Quarz oft als Imprägnation, so dass zersetzter Granit oder Theile von Thonschiefer-Ablagerungen verkieselt, Sandsteine zu Quarzit umgewandelt erscheinen u. s. w., s. pag. 273 u. 304.

Zu erwähnen ist auch noch der geschmolzene Quarz, das Kieselglas, welches im Bindemittel der Blitzröhren (Wichmann, Zeitschr. d. geol. Gesellsch. 1883, pag. 849) und auch in den glasigen kieselreichen Gesteinen wie im Obsidian als vorhanden anzunehmen ist.

Zum Quarz werden endlich noch einige dichte Arten gezählt, welche den Uebergang zur folgenden Gattung bilden:

Hornstein, von gelber, rother, brauner, grauer Farbe, muscheligem bis splittrigem Bruche, auf den Bruchflächen schwach glänzend bis matt. Auf Gängen bildet er öfters Pseudomorphosen, unter denen wiederum jene nach Kalkspath, Flussspath, Baryt die häufigsten sind, z. B. bei Freiberg, Schneeberg in Sachsen. Auch als Versteinerungsmaterial findet er sich nicht selten, bald in der Form von Thierresten, bald als Holzstein mit Pflanzentextur. Der Hornstein kommt aber auch trümerartig, ferner in Lagen zwischen sedimentärem Gestein, besonders zwischen Mergelschichten, vor und enthält dann oft Beimengungen von Thon. Damit hängt der Kieselschiefer zusammen, der als dickschieferige Ablagerung auftritt und bisweilen durch beigemengte Kohle schwarz gefärbt erscheint. Dieser wird Lydit genannt und öfters als Probirstein benutzt.

Unter Jaspis versteht man Hornsteine von starker Eisenfärbung: roth, braun, gelb; auch kugelige Bildungen, wie solche in der Lybischen Wüste, im Nilbette etc. häufig gefunden werden und eigentlich schon zum Chalcedon zu stellen sind.

Der Quarz ist ein ungemein wichtiges und nützliches Mineral, da er nicht nur in den meisten Gegenden als Bestandtheil der Ackerkrume hauptsächlich das Bodenskelett ausmacht und als Sand bei der Wasserführung des Bodens eine Hauptrolle spielt, sondern auch als Sandstein einen wichtigen Schleif- und Baustein darbietet, in der Form von Sand zu Mörtel verarbeitet, ferner als Formsand, Streusand, als Schleif- und Scheuermaterial benutzt wird. Die reineren Quarzarten dienen auch zur Glasfabrication, zur Darstellung des Wasserglases etc.

Digitized by Google

Chalcedon, *Agricola.*

Freie Bildungen haben traubige, nierförmige Oberfläche, oder auch stalaktitische Formen. Im Bruche sind diese dicht, wachsähnlich, und besitzen oft eine wenig merkliche Faserung senkrecht zur Oberfläche. Platten parallel zur Faserung sind schwach doppelbrechend, zur Faserung senkrechte sind einfach brechend. $n = 1{\cdot}537$ für roth. Oefters lässt sich eine schalige Zusammensetzung parallel der Oberfläche bemerken.

Der Bruch des Ch. ist eben bis splitterig. H. = 7. Glatte Flächen sind glasglänzend bis fettglänzend, Bruchflächen schimmernd. Auch die farblosen Stücke sind etwas trübe, die weissen vollständig trübe, im Uebrigen zeigt das Mineral verschiedene graue, braune, gelbe, rothe, grüne und blaue Farben. G. = 2·59 bis 2·64, also etwas geringer wie beim Quarz.

Chem. Zus.: SiO_2, wie beim Quarz, auch ist das Verhalten wie bei diesem, doch wird der Ch. durch Kalilauge stark angegriffen. Nach J. N. Fuchs ist er eine Mischung von Quarz und amorpher Kieselerde, welche letztere durch Kalilauge ausgezogen wird. Nach G. Rose und Rammelsberg werden die dichteren Bildungen stärker angegriffen als die übrigen.

Der durchscheinende Ch. bildet öfters Pseudomorphosen, von welchen wieder jene nach Kalkspath und Flussspath die häufigsten sind. Der blaue drusenartige Ch. von Trestyan in Siebenbürgen wird von Descloizeaux, Behrens und E. Geinitz auch für eine Pseudomorphose nach Fluorit gehalten, da Platten desselben ein zum Theil krystallin. Gemenge erkennen lassen. Die schönen Pseudomorphosen nach Datolith erhielten den Namen Haytorit.

Nach der Farbe unterscheidet man Carneol (gelblichroth), Sarder (braun, im durchfall. Lichte blutroth), Chrysopras (apfelgrün), Plasma (lauchgrün bis berggrün), Heliotrop (ebenso, mit rothen Punkten).

Der trübe Ch. oder Kascholong ist häufig compact, bisweilen ziemlich locker.

Der Achat bildet meistens deutlich geschichtete Auskleidungen von rundlichen Hohlräumen oder Füllungen derselben; die Schichten sind oft von verschiedener Farbe oder stellen einen Wechsel von durchscheinendem Chalcedon und von Kascholong dar. Im Inneren zeigt sich öfter eine Hohldruse von Quarz oder eine Ansiedelung von Calcit, von Zeolithen etc. Bisweilen sind Bruchstücke von Achat wieder verkittet (Trümmerachat). Im Uebrigen unterscheidet man nach der Zeichnung Bandachat, Wolken-, Festungs-, Korallen-, Punktachat. Einschlüsse, namentlich von Chlorit, veranlassen das Aussehen des Moosachates. Schöne Achate kommen aus Brasilien, Uruguay, früher wurden auch bei Oberstein und Vicenza, ferner in Sachsen, Ungarn, Siebenbürgen gute Exemplare gefunden.

Chalcedon kommt in reinen Stücken aus Island und von den Faröern, farbige finden sich an vielen Orten. Die verschiedenen Arten von Chalcedon bilden ziemlich dicke Auskleidungen von Hohlräumen, öfters vollständige Geoden in Eruptivgesteinen, auch Füllungen von Klüften in Silicatgesteinen. Sie sind als Producte der Zersetzung dieser Felsarten anzusehen. Eine durchscheinende Chalcedongeode mit Wasserinhalt wird Enhydros genannt.

Der F o u e r s t e i n oder F l i n t, von gelblicher bis brauner und rother Farbe, kommt in knollenförmigen Stücken oder in Platten, auch Lagern, besonders in der Kreide auf den Inseln Rügen und Möen, in Jütland, England etc. vor nnd bildet auch öfters Versteinerungen von Meeresthierresten. Er führt oft Panzer von Diatomeen, lässt oft eine Beimischung von kohlens. Kalk, immer aber von organischer Substanz und von Wasser erkennen. Er enthält demnach etwas Opalsubstanz. Diese Umstände denten darauf, dass er aus Ueberresten von kieselabsondernden Meeresthieren gebildet ist. Dio Rinde ist oft weiss und locker.

Von den Varietäten des Chalcedons dienen alle schönfarbigen, und zwar sowohl die gleichartigen, wie der Carneol, Chrysopras, als auch die gebänderten, namentlich die Achate, als billige Schmucksteine. Man rechnet sie zu den Halbedelsteinen. Die Achate werden meistens gefärbt, da der durchscheinende Chalcedon in Folge einer eigenthümlichen Porosität die Eigenschaft besitzt, von Lösungen allmälig durchdrungen zu werden. Die im ursprünglichen Zustande am wenigsten einladend aussehenden Stücke geben oft die schönsten Producte. Gelingt es eine Schichte schwarz oder roth zu färben, auf welche eine trübe weisse folgt, so hat man einen O n y x oder S a r d o n y x, welche namentlich für Gemmen oder Cameen geeignet sind. Der Achat liefert ferner ein ausgezeichnetes Material für Reibschalen, Reibsteine, Glättsteine. Die Verwendung des Feuersteines zum Feueranschlagen und in der Glasfabrication hat sehr abgenommen.

Tridymit, *G. vom Rath.*

Die kleinen Krystalle tragen Formen, welche von dem Entdecker des Minerals, v. Rath, als hexagonale bestimmt wurden. c ist Basis, a wurde als Prisma betrachtet, ausserdem kommen Abstnmpfungen der Kanten dieser Combination vor, von welchen eiue p als $(10\bar{1}1) = P$ genommen wurde, eine andere b die Lage $(11\bar{2}0) = \infty P2$ hat. Der Winkel $(10\bar{1}1)$ ist 55° 18′.

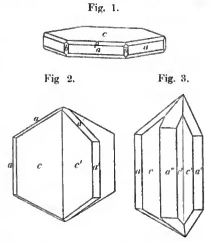


Fig. 1. Fig 2. Fig. 3.

Sohr häufig sind Zwillingsbildungen von zwei oder mehreren Individuen nach Flächen der Pyramide $(10\bar{1}6) = \frac{1}{6}P$, Fig. 2 und 3. Drillinge nach diesem Gesetze sind an manchen Fnndorten gewöhnlich, daher der Name (τρίδυμοι, Drillinge). Andere Zwillingsbildungen haben $(30\bar{3}4) = \frac{3}{4}P$ als Zwillingsebene. Die Wiederholung solcher Verwachsungen liefert oft kugelige Gruppen. Eine schalige Zusammensetzung nach c ist öfter zu bemerken. H. = 6·5, durchsichtig und farblos oder trübe weiss, gelblich, grau. Nach den Untersuchungen von Schuster und v. Lasaulx

zeigen die Krystalle im polaris. Lichte eine regelmässige Zusammensetzung aus vielen Individuen, welche wahrscheinlich triklin sind, daher man die Krystalle als **mimetische** zu betrachten hat. Durch Erhitzen werden sie nach Merian optisch einaxig. G. = 2·282 bis 2·326, also geringer als das des Quarzes.

Chem. Zus.: SiO_2, wie Quarz, jedoch öfters mit Beimengungen aus dem umgebenden Gestein. Durch heisse Sodalösung wird der T. aufgelöst, im Uebrigen verhält er sich wie Quarz. Die künstliche Darstellung des T. erfolgt nach G. Rose durch Zusammenschmelzen von Quarz, amorpher Kieselerde oder von Silicaten mit Phosphorsalz. Der Tridymit ist sonach die zweite krystallisirte Ausbildung des Siliciumdioxydes, und dieses ist dimorph.

In sitzenden Krystallbildungen wurde das Mineral durch v. Rath in dem trachytischen Gestein des Berges San Cristobal bei Pachuca in Mexico entdeckt, seither aber in mehreren anderen Felsarten der Trachytgruppe, auch der Porphyr- und Basaltgruppe gefunden. Beispiele sind die Trachyte vom Drachenfels und vom Mont Dore, der Augitandesit des Gutiner Berges, der Porphyrit von Waldböckelheim. Schöne tafelförmige Krystalle liefern die Trachytgesteine der Euganeen. Als Beimischung in Opalen fand G. Rose den Tridymit in mikroskopisch-kleinen Kryställchen. Diese werden durch Kalilauge, welche den Opal anflöst, blossgelegt.

Im Gestein eingeschlossen beobachtete zuerst Zirkel das Mineral in dachziegelartig geschuppten Blättchen in vielen Trachyten und Andesiten. Aber auch im Porphyrit und in dem Meteoriten von Rittersgrün wurden Körner gefunden.

Opal, *Plinius.*

Der Typus der amorphen Steine. Freie Bildungen haben traubige, nierförmige Oberflächen, auch stalaktitische und knollige Formen. Gewöhnlich ist der O. derb, eingesprengt. H. = 5·5 . . 6·5. Bruch muschelig bis uneben. Glasglanz, Fettglanz, selten Perlmutterglanz. Wasserhell bis vollständig trübe, oft und verschieden gefärbt. G. = 1·9 bis 2·3. — Chem. Zus. variabel: SiO_2 und H_2O in schwankendem Verhältnisse. Der Wassergehalt beträgt gewöhnlich 3 bis 13 Percent. Es soll aber auch wasserfreien O. geben. Man hält die Opale für Mischungen von amorpher Kieselerde mit Siliciumhydroxyden. Erhitzt geben sie Wasser und schmelzen nicht. V. d. L. verknistern die meisten. Durch heisse Kalilauge werden sie fast gänzlich aufgelöst. Im Uebrigen verhalten sie sich wie Quarz. Die künstliche Darstellung gelingt durch allmäliges Eintrocknen einer vorsichtig bereiteten Kieselgallerte.

Man kennt mehrere Arten, entsprechend der verschiedenen Bildungsweise:

Freie Sinterbildungen:

Kieselsinter, auch **Kieseltuff** oder **Geyserit**. Als Absatz heisser Quellen in Island, im oberen Yellowstone-Gebiete in Nordamerika, auf Neuseeland etc. erzeugen sich traubige, nierförmige, warzige Krusten, die unregelmässig geschichtet sind, ferner auch stalaktitische Massen von weisser, gelblicher, röthlicher, auch grauer Farbe, welche durchscheinend bis trüb, wenig glänzend bis matt sind.

Sinterbildungen in Klüften:

Hierher gehört der Hyalith, welcher farblose, glashelle, traubige Häufchen oder Ueberzüge darstellt. Er zeigt oft energische Doppelbrechung, welche auf die bei der Entstehung durch Eintrocknen auftretende Spannung (pag. 200) zurückgeführt wird. Kleine Halbkugeln geben im polaris. Lichte ein schönes schwarzes Kreuz mit negativem Charakter. G. = 2·15 . . 2·18. Wassergehalt meist 3 Percent. Bekanntere Vorkommen sind jene auf Klüften des Phonolithes von Waltsch in Böhmen, des Basaltes von Schemnitz.

Der Kascholongopal, traubig, nierförmig, trübe, weiss oder gelblich, von Island, den Faröern, von Hüttenberg etc. ist eine dem Kascholongquarz entsprechende Art.

Ausscheidungen, derb eingesprengt oder in Trümern in zersetzten Eruptivgesteinen:

Der Edelopal, welcher bei Czerwenitza in Ungarn, in Mexico, Neuseeland, Urugnay gefunden wird, hat öfters ein prächtiges Farbenspiel, pag. 159. Er zeigt viele feine Sprünge und schwache Doppelbrechung. Der schöne ungarische Edelopal ist ein ungemein geschätzter Edelstein und gegenwärtig in der Mode. Schon die Alten kannten solche Steine, die aus Indien gebracht wurden. Den haselnussgrossen Edelopal des Nonius schätzte man sehr hoch, nach heutiger Rechnung auf mehr als 2 Millionen Mark.

Der Feueropal von Zimapan in Mexico, Telkibánya etc. ist durchsichtig, von hyacinthrother bis weingelber Farbe.

Der gemeine Opal ist durchsichtig bis trübe; bei zarter Trübung im auffallenden Lichte blau, im durchgehenden röthlichgelb, sonst aber auch weiss, gelb, grün, roth, braun. Schöne Exemplare kommen von Tokaj, Telkibánya, Kosemüntz. Derlei Stücke werden öfters als Halbedelsteine verschliffen.

Der Hydrophan ist trübe, wird aber durch Einlegen in Wasser durchscheinend, bisweilen sogar farbenspielend.

Alle diese Sinterbildungen in Klüften und die Ausscheidungen sind Zersetzungsproducte von Silicatgesteinen. Durch Imprägnation bilden sich Gemenge.

Zu diesen gehört der meiste Halbopal, trüb, fettglänzend, von weisser, grauer, auch gelber, rother und brauner Farbe, der Jaspopal oder Opaljaspis, welcher durch einen starken Eisengehalt roth oder braun gefärbt erscheint.

Secundäre Formen zeigen die zuweilen im Gestein vorkommenden Pseudomorphosen, z. B. nach Feldspath, ferner der Holzopal, welcher durch die feine Holztextur leicht als eine Versteinerung zu erkennen ist. Die Farbe des letzteren ist mannigfaltig.

Als eine Concretionsbildung erscheint der Menilit oder Knollenopal, grau, leberbraun, kastanienbraun, wenig glänzend, undurchsichtig, in Knollen oder geringen Schichten, in Mergeln und Schieferthon vorkommend. Menilmontant bei Paris, Weisskirchen in Mähren etc.

Aus Resten von Organismen besteht die lockere erdige Kieselguhr, ferner der Tripel, weiss oder gelblich, matt, und der entsprechende Polirschiefer,

welche alle als Anhäufungen von Kieselpanzern verschiedener Diatomeen erkannt werden.

Der Tripel und Polirschiefer dienen als Polirmaterial, die Kieselguhr oder Diatomeenerde wird seit neuerer Zeit als Beimischung bei der Fabrication des Dynamits verwendet, besonders die Kieselguhr von Oberlohe in Hannover.

Der Melanophlogit von Girgenti, welcher kleine doppelbrechende Würfel bildet, soll nach Lasaulx vorzugsweise aus Kieselerde und Wasser bestehen, aber auch Schwefelsäure enthalten.

3. Ordnung: Stilboxyde.

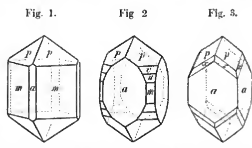
Diese zeigen auf glatten Flächen Diamantglanz, haben weissen oder gefärbten Strich, sind in der Hitze nicht flüchtig. G. über 4. Die Härte steigt bis 7·5. Interessant ist die Isomorphie der tetragonalen Gattungen Zirkon, Rutil und Zinnstein, deren A. V. 1:0·6404, 1:0·6442, 1:0·6721.

Zirkon.

Tetragonale, meist schwebend gebildete Krystalle, an welchen die Pyramide $p = (111)$, das Prisma $m = (110)$, sowie das verwendete $a = (100)$ auftreten, oft auch noch andere Flächen, wie $v = (221)$, $u = (331)$, $x = (311)$ hinzukommen. Zwillinge nach 101. Winkel (111) ist 95° 40′. Rundliche Körner werden auch öfters gefunden. — Spaltb. nach (111) und (110) unvollk. Bruch muschelig. H. = 7·5. Selten wasserhell und farblos, wie die Krystalle vom Pfitsch oder vom Laachersee, meist gefärbt, braun, roth, aber auch gelb, grün, grau. Die Farbe wird, nach den Angaben von Spezia, durch Glühen in der Oxydations- oder Reductionsflamme verändert. Die Krystallflächen zeigen Diamant- bis Glasglanz, diese und Bruchflächen auch Fettglanz. Doppelbrechung positiv. G. = 4·4 bis 4·7.

Chem. Zus.: $ZrO_2 . SiO_2$, öfters mit Beimischung von wenig Eisenoxyd. V. d. L. unschmelzbar, durch heisse Schwefelsäure schwer zersetzbar. Bei der Analyse dieses Minerals wurde von Klaproth die Zirkonerde entdeckt.

Der Z. kommt gewöhnlich in rundum ausgebildeten Krystallen als untergeordneter oder zufälliger Gemengtheil in Silicatgesteinen, bisweilen auch im begleitenden körnigen Kalk vor, der braune häufig im Syenit in Norwegen, wo man bis 17 Cm. lange Krystalle fand, im Syenit von Missk, im Basalt des Siebengebirges, ferner hie und da im Granit, Porphyr und krystallinischen Schiefern, hier auch in mikroskopisch kleinen Krystallen.



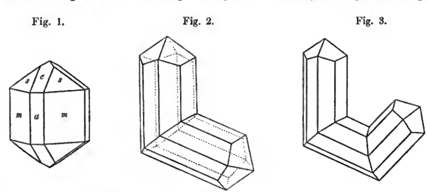
Auf secundärer Lagerstätte im Sand, in Krystallen und Geschieben mit Spinell, Korund auf Ceylon, mit anderen Mineralen im Riesengebirge, an der tyrrhenischen Küste etc. Die orangegelben und rothen Var. werden auch Hyacinth genannt. Diese und schönfarbige überhaupt finden als Edelsteine Verwendung.

Der **Auerbachit** ist dem Zirkon ähnlich, der **Malakon** und **Cyrtolith** sind veränderte Minerale, welche, nach ihrem Verhalten zu schliessen, durch Aufnahme von Wasser aus Zirkon gebildet wurden.

Der **Thorit**, isomorph mit Zirkon, und der **Orangit** sind verwandte Minerale, welche wesentlich Thorerde ThO_2, Kieselerde und Wasser enthalten. Brewig. Der **Oerstedtit**, ebenfalls mit dem Zirkon isomorph, besteht zumeist aus TiO_2, ZrO_2, und SiO_2.

Rutil, *Werner*.

Tetragonalo, meist säulenförmige Krystalle, an welchon oft die Combination $s = (111)$, $m = (110)$, $a = (100)$, auftritt, häufig aber auch die vorwendete Pyramide $e = (101)$ und achtseitige Prismen ausgebildet sind, z. B. (210) und (320), wio in beistehenden Figuren. Winkel $(111) = 95° 20'$. Die Prismenflächen sind gewöhnlich der Länge nach gerieft. Zwillingsbildungen sind unge-



mein häufig, meistens ist 101 Zwillingsebene und die Individuen weichen mit den Hauptaxen um 65° 35′ von einander ab. Wendezwillinge mit drei bis zu ringsgeschlossenen mit sechs Individuen kommen öfters vor, ebenso Wiederholungszwillinge und netzartige Bildungen. Die radförmigen Zwillinge mit acht Individuen von Graves Mount und Magnet Cove gehorchen, wie G. Rose und v. Rath zeigten, demselben Gesetze.

Spaltb. nach (110) und (100) vollk., nach (111) unvollk. Bruch muschelig bis uneben. H. = 6 . . 6·5. Farbe braun und roth: hyacinthroth, blutroth, auch gelb und gelblichbraun, Strich gelblichbraun, auf glatten Flächen metallartiger Diamantglanz. Durchsichtigkeit meist gering, positive Doppelbrechung. G. = 4·2 bis 4·3.

Chem. Zus.: TiO_2 entsprechend 60 Titan, 40 Sauerstoff, jedoch ist fast immer auch etwas Eisenoxyd vorhanden. V. d. L. ist der R. unschmelzbar, durch Säuren wird er nicht angegriffen. In der Schmelze mit Phosphorsalz erhält man die Titanreaction. Die künstliche Darstellung des R. ist mehrfach gelungen, mit dem meisten Erfolge bei den Versuchen Hautefeuille's, pag. 260. Derselbe zeigte, dass je nach der Temperatur entweder Rutil oder Anatas oder Brookit erhalten werden kann, wodurch die Trimorphie des Titandioxydes bestätigt wurde.

Der R. bildet öfters sitzende Krystalle, nicht selten als feine Nadeln, auf Klüften der krystallinischen Schiefer auch im Granit neben Quarz, Feldspath,

Eisenglanz, bisweilen auch in der Nachbarschaft von Brookit oder Anatas. Oft werden die Nadeln von Bergkrystall eingeschlossen. Bemerkenswerth ist die zuweilen vorkommende regelmässige Verwachsung von Rutil mit Eisenglanz, die seltenere mit Magnetit. Feine blondgelbe Netze von Rutil wurden Sagenit, die schwarzen eisenreichen Krystalle und Körner wurden Nigrin, jene von Miask Ilmenorutil genannt. Grosse schöne Krystalle von R. kommen von Graves Mount in Georgia, wo sie zwischen Disthen und Pyrophyllit gefunden werden.

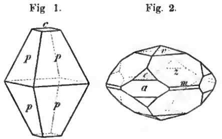
Stark verbreitet ist der R. in Krystallen, auch eingesprengt in herzförmigen Zwillingen, in Körnern oder körnigen Aggregaten, in krystallinischen Schiefern und deren Trümerquarzen, selten im körnigen Kalk und Dolomit. Schöne grosse, meist einfache Krystalle werden im Quarz bei Modriach in Steiermark angetroffen. In den Phylliten wird er in kleinen Krystallen allgemein wahrgenommen, auch die merkwürdigen von Zirkel entdeckten mikroskopischen Nadeln im Dachschiefer sind nach Werwecke und Cathrein Rutil.

Interessant sind die Pseudomorphosen von Rutil nach Arkansit (Brookit), von Magnet Cove, von R. nach Anatas aus Brasilien, welche als Paramorphosen angesehen werden.

Auf secundären Lagerstätten findet sich der R. öfters in Sand mit Quarz, Turmalin etc. bisweilen mit Gold, der Nigrin in kleinen Geschieben bei Olahpian in Siebenbürgen.

Anatas, *Hauy.*

Tetragonale diamantglänzende Krystalle, in der Grundform von der vorigen Gattung verschieden, da der Winkel (111) 43°24′, wonach das A. V. = 1:1·777. Die zuerst bekannt gewordenen Krystalle sind indigblau bis schwarz, von spitz pyramidalem oder tafelförmigem Typus mit $p = (111)$ und $c = (001)$. Später lernte man auch stumpf pyramidale und säulenförmige Krystalle kennen, die meist honiggelb bis braun sind. An diesen herrschen Pyramiden, wie $v = (117)$, $z = (113)$, oder Flächen wie $m = (110)$, $a = (100)$, $e = (101)$. (S. Klein im Jahrb. f. Min. 1871, pag. 900 und 1875, pag. 337.)



Spaltb. nach p und c vollk. H. = 5·5 . . 6, G. = 3·83 bis 3·93, also beide geringer als bei der vorigen Gattung, auch durch negative Doppelb. davon verschieden, chemisch aber derselben gleich. Zus.: TiO_2. Durch Glühen erhält der A. das G. des Rutils.

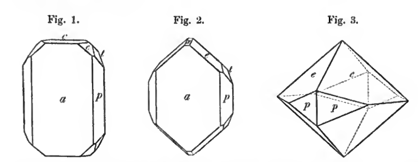
Der A. bildet immer sitzende Krystalle, die sich auf Klüften, oft neben Bergkrystall, in krystallinischen Silicatgesteinen finden. Tavetsch Gotthardgebirge, Binnenthal, Bourg d'Oisans. Aus der brasilianischen Provinz Minas

Geraës wurden bisweilen farblose und öfters gefärbte Krystalle von ungewöhnlicher Grösse gebracht.

Die gelben bis braunen Krystalle aus dem Binnenthal wurden früher irrigerweise als Wiserin bezeichnet.

Brookit, *Lévy.*

Rhombische Krystalle von Diamantglanz, bisweilen auch von halbmetallischem Aussehen und von tafelförmiger, säulenförmiger und pyramidaler Ausbildung. An den Tafeln herrscht $a = (100)$, welches gewöhnlich eine Längsriefung zeigt, $p = (110)$, $c = (001)$ und meist kommen $e = (122)$, $t = (021)$, $x = (102)$ hinzu. An den pyramidalen, halbmetallisch aussehenden, von den Hot springs Arkansas, welche Arkansit genannt werden, herrscht e (Fig. 3). Winkel (110) $= 80° 10'$, $(102) = 58° 36'$.



Spaltb. 010. Härte wie bei der vorigen Gattung, G. $= 3{\cdot}8$ . . $4{\cdot}1$, also etwas grösser. Farben wie beim Rutil. Optisch merkwürdig, da Platten parallel a im convergenten pol. Tageslichte vier hyperbolische Streifensysteme zeigen. Benutzt man jedoch Natriumlicht, so hat man die gewöhnliche Figur zweiaxiger Medien und A. E. parallel 001. Im blauen Lichte erhält man A. E. parallel 010, also Zerstreuung in zwei Hauptschnitten. — Chem. Zus.: $Ti\,O_2$, wie in den beiden vorigen Gattungen. Durch Glühen erhöht sich ebenfalls das spec. Gewicht bis zu jenem des Rutils.

Das Vorkommen ist dasselbe wie bei der vorigen Gattung. Schöne tafelförmige Krystalle liefern Tremaddoc in Wales, Bourg d'Oisans, das Gotthardgebirge. Die grössten Krystalle sind aus Tirol bekannt. Pseudomorphosen nach Titanit werden von Markirch in Elsass angegeben.

Zinnstein oder **Zinnerz** (Kassiterit *Beudant*).

Tetragonal, vorwiegend kurze, dicke Krystalle, welche meistens die Flächen $s = (111)$, $m = (110)$, $a = (100)$, $e = (101)$ tragen, aber öfters noch andere Formen, wie $r = (210)$, $z = (321)$, erkennen lassen. An den spitzen und nadelförmigen Krystallen (Nadelzinnerz) wurden auch steile Pyramiden wie (551), (552) beobachtet.

Winkel $(111) = 92° 53'$. (Ueber die Formen: Becke in Tschermak's Min. Mitth. 1877. 243.)

Digitized by Google

Dio Flächen der Prismen haben gewöhnlich eine Längsriefung. Einfache Krystalle sind nicht häufig, dagegen Zwillingskrystalle nach (101) sehr gewöhnlich. Die Hauptaxen der beiden Individnen weichen von einander um 67° 50′ ab. Wiederholungszwillinge, ferner Wendezwillinge von der Bildung wie beim Rutil, kommen öfter vor. — Spaltb. (100) und (110) unvollk. H. = 6 . . 7. Farbe gelblich- oder röthlichbraun bis schwarz, selten roth, grau, gelblich. Strich gelblich oder weiss. Diamantglanz oder Fettglanz, unvollkommene Durchsichtigkeit, positive Doppelbrechung. G. = 6·8 bis 7, jenes des reinen Z. 6·844 nach Forbes.

Chem. Zus.: $Sn\,O_2$, entsprechend 78·6 Zinn und 21·4 Sauerstoff, jedoch fast immer etwas Eisen, Kiesel, auch Tantal als Beimischung. V. d. L. unschmelzbar und unveränderlich, gibt mit Soda auf Kohle metallisches Zinn, wird durch Säuren nicht angegriffen, durch schmelzendes Kali aufgelöst. — Die künstliche Darstellung gelang Deville u. A. nach der beim Rutil angegebenen

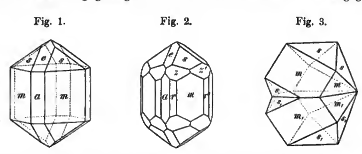


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Methode. Das Vorkommen als Pseudomorphose, ferner die Auffindung als Neubildung in fossilen Knochen im Pentewan- und Carwonthale in England lassen die Bildung aus Lösungen erkennen.

Der Z. hat sein hauptsächliches, ursprüngliches Verbreitungsgebiet in alten Silicatgesteinen, in welchen er sammt den begleitenden Mineralen sowohl Gänge und mannigfach verzweigte Trümer als auch gleichzeitig Imprägnationen bildet, so dass die ganze, in solcher Art durchtränkte, oft quarzige Gesteinsmasse (Stockwerk) sich wie eine allerdings arme Erzmasse verhält, aus welcher der Z. durch Pochen und Schlämmen gewonnen wird.

Der gewöhnliche Begleiter ist Quarz, charakteristisch sind die Wolframate: Wolframit und Scheelit, von Silicaten: Beryll, Topas, Zinnwaldit, Apatit, Fluorit sind auch häufig. Die vier letzten sind fluorhaltig. Man hat daher dem Flnor eine Rolle bei der Bildnng der Zinnerzgänge zugeschrieben. Molybdänglanz, arsenhaltige Kiese, Bleiglanz, Blende begleiten auch öfters die Zinnerzformation. Die dicken Zwillingskrystalle, Zinngranpen, sind auch oft von Zersetzungsproducten, wie Steinmark, Nakrit umgeben.

Bei Altenberg, Marienberg, Geyer in Sachsen ist das erzführende Gestein Granit und Gneiss, ebenso dieser letztere bei Schlackenwald und Graupen in Böhmen, bei Zinnwald ist es Porphyr und Granit. Aehnliche Verhältnisse zeigen sich in den Lagerstätten in der spanischen Provinz Gallicien und in der Bretagne. In Cornwall verbreitet sich das Erz in Gemeinschaft mit Kupfererzen im Thon-

Digitized by Google

schiefer. Bei St. Agnes fand sich der Stannit, ein Gemisch von Zinnstein und Quarz, ferner kommen von dort schöne Pseudomorphosen, in welchen die beiden Minerale in der Form von Orthoklas erscheinen. Als eine Ausnahme erscheint die allerdings zinnerzarme Lagerstätte von Campiglia marittima, welche von geschichtetem Kalkstein umschlossen wird.

Auf secundärer Lagerstätte findet sich der Z. in Geröllen nnd Geschieben auf den Zinnseifen der Halbinsel Malacca, der Insel Banca etc. In dem Seifenzinnerz von Cornwall, von Mexico zeigte sich zuweilen auch Holzzinnerz, ein haarbrauner, radialfaseriger bis dichter Z. vom G. = 6·4.

Der Zinnstein ist das einzige Zinnerz. Schon im Alterthum war das Mineral bekannt und wegen der Brauchbarkeit zur Herstellung der Bronze hoch geschätzt. Die Verwendung des Zinnes zu Geschirren hat abgenommen, doch wird das Metall im Zinnguss, der Legirung von Zinn nnd Blei, in der Bronze verwendet und zum Verzinnen etc. benutzt. Die jährliche Gesammtproduction wird auf nahe 700.000 Ctr. angegeben. Das meiste liefern Australien und Banca. (Geologisches und Technisches in Reyer: das Zinn 1882.)

Hier sind mehrere Oxyde von Schwermetallen einzuschalten, wie die Bleiglätte (Massicot), welche in gelblichen Blättchen, die aus Bleioxyd PbO bestehen, in Mexico gefunden wurde, die Mennige (Minium) Pb_3O_4 von morgenrother Farbe von Bolanos in Mexico, Badenweiler etc., das Schwerbleierz (Plattnerit) PbO_2 von Leadhills in Schottland.

Das Rothzinkerz (Zinkit) bildet grosse schalige Körner von blntrother Farbe, welche senkrecht zur Absonderung nach einem sechsseitigen Prisma spalten und wesentlich ans Zinkoxyd ZnO bestehen. Dieselben kommen mit Franklinit und Kalkspath im Staate New-Jersey vor. Die rothe Farbe rührt von Mangan her. Das künstlich dargestellte farblose Zinkoxyd krystallisirt auch hexagonal.

Der Tenorit CuO bildet stahlgraue bis schwarze trikline Blättchen auf Vesuvlava. Der Melaconit, welcher sich in Tennessee und am oberen See in grauen bis schwarzen Massen findet, hat die Zus. des vorigen.

Rothkupfererz (Cuprit, *Haidinger*).

Die Krystalle sind gewöhnlich Oktaëder, seltener Würfel oder Rhombondodekaëder, auch andere Formen, wie (221) oder (211), kommen damit vor, die Aggregate sind körnig. Spaltb. (111) zieml. vollk. H. = 3·5 .. 4. Farbe cochenilleroth bis bleigrau, Strich bräunlichroth, glatte Flächen zeigen metallartigen Demantglanz, die Lichtbrechung ist ausserordentlich stark, doch ist das Mineral oft kaum durchscheinend. G. = 5·7 bis 6.

Chem. Zus.: Cu_2O Kupferoxydul, entsprechend 88·8 Kupfer, 11·2 Sauerstoff, demnach ist es das reichste Kupfererz. V. d. L. auf Kohle erhitzt, wird das R. zuerst schwarz, worauf es ruhig schmilzt und ein Kupferkorn liefert. In Säuren, aber auch in Ammoniak löslich.

Krystalle von der Zusammensetzung des Rothkupfererzes hat man wiederholt als zufälliges Hüttenproduct in Kupferofenschlacken gefunden, ferner auch als Neubildung in der Rinde antiker Kupfer- und Bronzegegenstände. Die Verwandlung natürlicher Kupferkrystalle in R. beobachtete Blum an Stücken von Rheinbreitbach. Für die Bildungsgeschichte sind die Versuche von Mitscherlich wichtig, welcher eine Lösung von Kupfervitriol mit Stärkezucker versetzte und

Digitized by Google

nach längerer Zeit Krystalle von den Eigenschaften des R. erhielt. Die Entziehung von Sauerstoff, welche hier durch eine organische Substanz bewirkt wird, erfolgt nach Knop unter Umständen auch durch Eisenvitriol.

Das Rothkupfererz ist vorzüglich dort verbreitet, wo Lagerstätten von Kupferglanz, Kupferkies u. dgl. einer Verwitterung unterlegen sind, es findet sich demnach oft in den oberen Regionen solcher Erzgänge, welche tiefer unten geschwefelte Kupfererze führen. Diese Erscheinung beobachtet man auf den Gängen in Cornwall, von welchen öfter prächtige Drusen glänzender und durchsichtiger Krystalle in die Sammlungen gelangen. Ebenso bei Rheinbreitbach, bei Katharinenburg und Nischne Tagilsk am Ural, bei Burra-Burra in Australien. Meistens ist an diesen Fundstätten gediegen Kupfer der Begleiter und oft sind Pseudomorphosen von Kupfer nach Cuprit beobachtet worden. Knop zeigte, dass man diese Umwandlung durch Behandlung von Cuprit mit sehr verdünnter Schwefelsäure nachahmen könne. (S. pag. 301.)

Schwebend gebildete Krystalle, welche die Oktaëder und Rhombendodekaëder zeigen, wurden im Thon bei Chessy gefunden, doch sind dieselben oberflächlich in Malachit verwandelt. Aehnliche Vorkommen sind vom Altai und aus dem Damaraland in Afrika bekannt.

Kupferblüthe oder Chalkotrichit nennt man die haarförmigen oder netzartigen Krystallbildungen, aus verzerrten Hexaëdern bestehend, von prächtig rother Farbe, von Rheinbreitbach, Gumeschewsk am Ural, Redruth in Cornwall etc.

Das Ziegelerz ist ein ziegelrothes erdiges Gemenge von Cuprit mit Brauneisenerz. Dillenburg, Turjinsk.

Das Rothkupfererz wird mit den zugleich vorkommenden Mineralen, wie Malachit, Azurit etc. auf Kupfer verhüttet.

4. Ordnung: Ocher.

Meist erdige, seltener krystallinische Minerale. H. gewöhnlich unter 3. Strich weiss oder nur blass gefärbt. G. = 3·6 bis 6·3. Mehrere werden durch Erhitzen v. d. L. verflüchtigt. Alle sind Verwitterungsproducte.

Arsenit (Arsenikblüthe).

Kommt als mehliger Beschlag auf Arsen, Arsenkies, Speiskobalt etc. vor, wo diese verwittern, z. B. bei Andreasberg. — Chem. Zus.: Arsenoxyd oder arsenige Säure As_2O_3. Die oktaëdrische Form und Spaltbarkeit kennt man von den sublimirten Krystallen her, welche beim Rösten der arsenhaltigen Minerale die Abzugsröhren auskleiden. (Hüttenrauch.)

Der so erhaltene Arsenit (Arsenikmehl, Giftmehl), welcher auch oft zur amorphen Masse zusammengeschmolzen (weisses Arsenikglas) aus den „Giftfängen" herausgekehrt wird, kommt als weisser Arsenik in den Handel. Er wird in der Farbenfabrication, in der Färberei, Zeugdruckerei, bei der Emaildarstellung, der Glasfabrication, in der Medicin angewandt, auch zur Conservirung zoologischer Objecte und als Gift gegen schädliche Thiere benutzt.

Der Arsenik hat einen süsslich-herben Geschmack. Er ist ein heftiges Gift, doch gibt es in den Alpenländern Arsenikesser.

Valentinit (Antimonblüthe, Weiss-Spiessglanz).

Rhombische Prismen oder Tafeln, diese oft fächerförmig, büschelig, sternförmig angeordnet. Nicht selten derb, stengelig, schalige. H. = 2·5. Farbe gelblich bis grau. Auf der Längsfläche Perlmutterglanz, sonst auf glatten Flächen Demantglanz. Chem. Zus.: Sb_2O_3. Sehr leicht zu schmelzen und zu verflüchtigen, in Salzsäure leicht löslich. Mit Bleiglanz, Antimonit etc. bei Bräunsdorf, Přibram, Allemont, Sansa in Constantine u. a. O. Pseudomorphosen, welche die Entstehung aus Antimonit und Antimonblende verrathen, sind nicht selten.

Das Arsenoxyd As_2O_3 erscheint in dem Claudetit von den San-Domingo-Gruben in Portugal in rhombischen Krystallen; in einem Hüttenrauch fand Wöhler auch derlei Formen. Das Antimonoxyd Sb_2O_3 bildet als Senarmontit oktaëdrische Krystalle, die ein abnormes optisches Verhalten zeigen. Die schönsten kommen von Sansa. Interessant sind bei dieser Isodimorphie, dass beidemale die rhombische Modification das höhere G. hat:

As_2O_3 : Arsenit	G. = 3·75	Claudetit	G. = 3·85	A. V. 0·376 : 1 : 0·350
Sb_2O_3 : Senarmontit	„ = 5·25	Valentinit	„ = 5·57	„ „ 0·382 : 1 : 0·344

Von Antimonverbindungen reihen sich hier an: der Cervantit Sb_2O_4, der Stiblith $H_2Sb_2O_5$, gelblich, erdig, welcher oft als Pseudomorphose nach Antimonit gefunden wird, und der beiden ähnliche Antimonocher; endlich gehört zu der Gruppe auch der Wismutocher, Bi_2O_3.

Als wenig interessante Seltenheiten sind noch zu nennen: Tantalocher, Tellurocher (Tellurit) TeO_2, Molybdänocher MoO_3, gelb, Wolframocher WO_3, grünlich, der zugehörige wasserhaltige Meymacit, gelb, der Uranocher, gelb. An letzteren reiht sich das Gummierz (Gummit), der Eliasit (Pittinerz), der Uranosphärit.

5. Ordnung: Erze.

Dunkelfarbige, undurchsichtige, zum Theil halbmetallisch aussehende Minerale, alle von farbigem bis schwarzem Strich. H. = 2 bis 6. V. d. L. meist unschmelzbar, seltener schwierig schmelzbar, nicht flüchtig.

Manganit, *Haidinger*. (Graubraunstein z. Th.)

Häufig krystallisirt, lange rhombische Prismen bildend, an welchen $m = (110)$ und $c = (001)$ herrschen, Fig. 1. Die ersteren Flächen sind stark vertical gerieft, die Endfläche parallel der Queraxe gerieft oder auch gekrümmt. An solchen Krystallen findet sich $u = (101)$. Die kurzen Krystalle sind oft flächenreich und zeigen häufig ausser m und u noch $b = (010)$, $l = (120)$, $d = (210)$, $p = (111)$, $n = (121)$, $e = (011)$, $f = (021)$, Fig. 2. Zwillinge nach 011 sieht man öfters, Fig. 3. Winkel (110) = 80° 20′, W. (011) = 57° 10′, W. $111 : 1\bar{1}1$ = 49° 11′. Nach Haidinger's Beobachtungen kommt zuweilen eine hemiëdrische Vertheilung von Pyramidenflächen wie beim Bittersalz vor (pag. 55), doch konnte Groth, welcher eine sorgfältige Bearbeitung der Formen lieferte (Min.-Samm. d. Univ. Strassb.), keine Hemiëdrie erkennen.

Oft sieht man radialstengelige, faserige, auch körnige Bildungen.

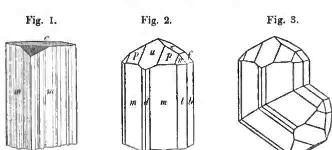
Die Spaltb. parallel der Längsfläche (010) ist sehr vollkommen, weniger vollkommen dagegen nach dem Prisma (110) und nach (001). H. = 3·5 . . 4. Farbe

stahlgrau oder eisenschwarz bis bräunlichschwarz. Strich braun. Unvollk. aber entschiedener Metallglanz. G. = 4·3 bis 4·4.

Chem. Zus.: Secundäres Manganhydroxyd, $Mn_2H_2O_4$ oder $Mn_2O_3H_2O$, analog dem Diaspor und Göthit, welchen er auch in der Form ähnlich ist. Die Formel entspricht 90·9 Manganoxyd und 9·1 Wasser. V. d. L. unschmelzbar. Beim Erhitzen geht das Wasser erst bei einer Temperatur über 200° fort. Starke Salzsäure löst das Mineral unter Chlorentwicklung.

Man kennt den Manganit als Absatz mancher Quellen, ferner in schönen Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Kalkspath. Blum beschrieb eine solche von Ilefeld, welche noch nicht vollendet war. Dadurch ist die Bildung aus wässeriger Lösung documentirt. Der Manganit unterliegt aber auch häufig der Veränderung in Pyrolusit.

Sehr bekannt sind die schönen Stufen von Ilefeld am Harz, wo der Manganit mit Baryt oder Kalkspath und mit anderen Manganerzen bis 60 Cm.



mächtige Gänge im Porphyrit bildet. In Drusenräumen und Nestern findet er sich mit anderen Manganerzen von Kalkstein umgeben in Nassau. Fernere Fundorte sind Ilmenau und Oehrenstock in Thüringen, Cornwall, Undenäs in Schweden etc.

Hausmannit, *Haidinger.*

Die Krystalle sind tetragonal. Winkel (111) 63° 1′. Die gewöhnliche Form ist die Pyramide (111), deren Flächen horizontal gerieft sind. Zwillinge und Fünflinge nach 101, wie beim Kupferkies, pag. 347, Fig. 5 und 6 sind nicht selten. Spaltb. (001). H. = 5 . . 5·4. Metallglanz. Farbe eisenschwarz, Strich braun. G. = 4·7 bis 4·8. Chem. Zus.: Mn_3O_4, entsprechend 72 Mangan, 28 Sauerstoff. V. d. L. unschmelzbar, mit Salzsäure Chlor gebend. Krystallisirt von Ilmenau, Oehrenstock, Ilefeld. Körnige Massen in Dolomit bei Pajsberg, Nordmark in Schweden.

Pyrolusit, *Haidinger* (Graubraunstein z. Th.)

Die Krystalle sind rhombische Prismen mit der Endfläche, auch dem Längsprisma, oder sie bilden kleine Tafeln, häufig erscheinen sie spiessig. Die Prismenflächen sind vertical gerieft. Die prismatischen Krystalle gehen oft in viele feine Spitzen aus. Man sieht Drusen und verschiedengestaltige Aggregate von strahliger bis faseriger Textur. Oft ist das Mineral dicht, auch erdig, abfärbend. Spaltb.

(110), auch nach den Endflächen. H. = 2 . . 2·5, fast mild. Farhe dunkel stahlgrau, Strich schwarz, halbmetallischer Glanz auf glatten Flächen. G. = 4·7 bis 5.

Chem. Zus.: Manganhyperoxyd $Mn\,O_2$, entsprechend 63·2 Mangan und 36·8 Sauerstoff. V. d. L. unschmelzbar, durch Glühen wird er braun, indem er Sauerstoff verliert, durch warme Salzsäure wird er unter starker Chlorentwicklung aufgelöst.

Der P. hat meist eine indirecte Bildung, indem er aus anderen manganhaltigen Mineralen entsteht, deren letztes Verwitterungsproduct er darstellt, oder indem er Carbonate verdrängt. Daher zeigt das Mineral so lockere Beschaffenheit und anscheinend geringe Härte. Das direct gebildete Mineral ist nach Breithaupt's Ansicht der Polianit, welcher hei gleicher chem. Zus. sehr hart ist (H. = 5·5 . . 7) und eine lichtstahlgraue Farbe zeigt. Die kurzen Pyrolusitprismen wären demnach Paramorphosen nach Polianit. Bisher mangelt hiefür der genaue Nachweis, da man weder beim Pyrolusit noch beim Polianit die Winkel sicher kennt. Der Winkel (110) an beiden wird zu 86° 20′, aber auch zu 80° 30′ angegehen. Eine gewöhnliche Erscheinung ist die Bildung des Pyrolusits aus Manganit. Die Krystalle hahon oft äusserlich schon die graue Farbe und den schwarzen Strich des Pyrolusits, während sie im Inneren noch schwarz erscheinen und dort hraunen Strich gehen. Es scheint, dass gar Vieles, was man für krystallisirten Pyrolusit hält, zu den Pseudomorphosen nach Manganit gehört. Auch aus dem Manganspath $Mn\,CO_3$ hildet sich der P. häufig, aber nicht nur aus dem reinen Carbonat, sondorn auch aus dem manganhaltigen Eisenspath. Dieser liefert abor häufig ein pulveriges oder schaumiges oder erdiges Gemenge (Manganschaum).

Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Kalkspath sind nicht selten. Schöne Exemplare hat man von Ilmenau und von Oehrenstock. Bisweilen ist es nicht schwierig, daran zu erkennen, dass der Pyrolusit zunächst in der Form des Manganits erscheint, dass also zuerst eine Verdrängung des Kalkspathes durch Manganit und später die Umwandlung dieses Minerales in P. stattgefunden habe. Die Pseudomorphose nach Bitterspath ist auch bekannt.

Schöne Drusen von Pyrolusit kennt man von Johanngeorgenstadt, von Hirschberg in Westphalen u. a. O. Grössere Mengen des derben Minerales werden in Gängen des Porphyrs bei Elgorshurg in Thüringen, bei Vorderehrensdorf in Mähren, hei Platten in Böhmen, Romanèche in Frankreich, an mehreren Punkten des Staates Vermont in N.-Am. u. a. O. gefunden.

Der Varvicit, welcher in Pseudomorphosen nach Kalkspath bekannt ist, scheint ein Gemenge von Manganit nnd Pyrolusit zu sein

Der Braunit Mn_2O_3 findet sich in schwarzen oktaëderähnlichen tetragonalen Krystallen mit Pyrolusit, Hausmannit bei Elgersbnrg, Oehrenstock, St. Marcel in Piemont (Marcelin), der Pyrochroit $Mn\,H_2O_2$ bei Pajsberg, der Manganosit $Mn\,O$ bei Langbanshyttan in Schweden.

Psilomelan, *Haidinger* (Hartmanganerz, Schwarzer Glaskopf).

Traubige, nierförmige, auch stalaktitische Bildungen von ebenem oder muscheligem Brucho nnd hedeutender Härte. H. = 5·5 . . 6. Manche zeigen Spuren

von Fasertextur, andere sind dicht mit schimmerndem Bruche, manche werden dem glatten Bruche zufolge für amorph gehalten. Im Striche glänzend. Farbe eisenschwarz, bläulichschwarz, Strich bräunlichschwarz. G. = 4·1 bis 4·3. Die chem. Zus. ist unregelmässig schwankend, wie dies bei nicht krystallisirten Mineralen gewöhnlich. Vorwiegend ist MnO_2, ausserdem aber sind MnO, BaO, K_2O, H_2O etc. in variabler Menge vorhanden. Man hat barythaltige (bis 17 perc. BaO) und kalihaltige (bis 5 perc. K_2O) Psilomelane unterschieden, nnd Rammelsberg hat darin salzartige Verbindungen wie $BaMn_4O_9$ angenommen.

In einigen Arten wurden kleine Mengen von Lithium und von Thallium nachgewiesen. V. d. L. ist er fast gar nicht zu schmelzen, färbt die Löthrohrflamme grün (Ba) oder violett (K). Durch Salzsäuren wird er unter Chlorentwicklung gelöst. Concentrirte Schwefelsäure wird durch das Pulver roth gefärbt.

Der Psilomelan findet sich öfters für sich, Gänge im Porphyr oder Trachyt ausfüllend, öfters bildet er schalige Abwechslungen mit Pyrolusit, wie bei Elgersburg in Thüringen, zuweilen ist er mit Baryt oder Kalkspath verbunden, wie bei Ilefeld am Harz. Mit anderen Manganerzen vereinigt, begleitet er oft Rotheisenerzgänge, wie im Sächsischen Erzgebirge, oder er tritt im Bereiche von Eisenspath-Lagerstätten als Verwitterungsproduct auf.

Zunächst verwandt ist der W a d, ein zartschuppiges bis erdiges Mineral, das oft knollig, nierförmig, stalaktitisch vorkommt, öfters schalig und häufig locker und so leicht erscheint, dass es auf dem Wasser schwimmt. Er ist reicher an Wasser als der Psilomelan nnd enthält Baryum und Kalium blos in geringer Menge. Er scheint öfters aus Psilomelan entstanden zu sein, häufiger durch Verwitterung aus manganhaltigem Eisenspath.

In manchem Kalkstein, Mergel, Chalcedon, Opal etc. kommen schwarze bis braune, oft sehr zierliche, dendritische Absätze vor, welche manganhaltig sind und bald als körperliche D e n d r i t e n, bald als zarte Z e i c h n u n g e n auf den Kluftflächen erscheinen. Dieselben sind wohl zum Wad zn stellen.

Eine merkwürdige Bildung stellen die sogenannten M a n g a n k n o l l e n dar, welche bei der Expedition des Schiffes Challenger auf dem Boden des pacifischen Oceans gefunden, von Church als P e l a g i t bezeichnet wurden. Es sind braune Concretionen, welche vorwiegend aus Mangan- und Eisenoxyd, Kieselerde, Wasser bestehen und oft eine Beimischung von vulcanischem Tuff, sowie Reste von Organismen erkennen lassen.

Der G r o r o i l i t h ist Wad. Zum Psilomelan ist auch der L i t h i o p h o r i t Frenzel's zu stellen, der einen erheblichen Thonerdegehalt besitzt.

Die gewöhnlichen Manganerze: Manganit, Pyrolusit, Psilomelan haben in ihrem Auftreten so viel Gemeinsames nnd sind so häufig mit einander verbunden, dass sie bestimmte Erzformationen bilden.

Eine sehr charakteristische Verbindung ist jene der gangförmig auftretenden Manganerze mit krystallinischen Silicatgesteinen, z. B. mit Porphyren und Melaphyren bei Ilefeld und Ilmenau, mit Granit bei Wittichen im Schwarzwalde. In diesen Fällen ist nach Sandberger die Bildung durch Secretion aus dem Neben-

gestein anzunehmen, weil die in letzterem enthaltenen Augite, Hornblenden, Biotite ausser den Eisensilicaten auch Mangansilicat enthalten.

Diese werden unter dem Einflusse der Tagewässer zerlegt und es werden die Oxyde abgeschieden. Daher sind auch überhaupt die Rotheisenerz- und Brauneisenerzgänge häufig von Manganerzen begleitet.

Seltener ist das Auftreten der Manganerze im Sandstein, wie bei Vorderehrensdorf in Mähren. Das Material solcher Lagerstätten dürfte aus tiefer gelegenem krystallinischem Gestein abzuleiten sein.

Wiederum charakteristisch sind die Lagerstätten im Kalkstein, wie am Iberg im Oberharz, bei Wetzlar und Giessen in Nassau, wo die Erze als gänzliche oder theilweise Ausfüllnng unregelmässiger Hohlräume vorkommen. Hier ist es augenscheinlich, dass die Lösungen, welche das Erz absetzten, den Kalkstein zernagt und aufgelöst haben, und dass eine Verdrängung des letzteren durch die Oxyde stattgefunden habe. Solche Manganerze sind fast immer mit Eisenerzen verbunden, oft von Dolomit begleitet, wie bei Ibbenbühren und Osnabrück. Die taschenförmigen Lagerstätten im Departement Hautes Pyrénées gehören auch hierher.

Endlich sind solche Lagerstätten häufig, welche durch Verwitternng von manganhaltigem Spatheisenstein entstanden. Die gleichzeitige Bildung von Brauneisenerz und Manganerzen lässt sich in dem Spatheisenstein von Hüttenberg in Kärnten im kleineren Maassstabe deutlich verfolgen. Eine grössere hierhergehörige Bildung ist der im Dolomit auftretende Erzstock zwischen Herges, Brotterode und Seligenthal im Thüringerwalde. Die Erzmasse ist Brauneisenerz mit begleitenden Manganerzen. „Das Ganze macht den Eindruck einer gewaltigen Höhle, welche von verwittertem Eisenspath erfüllt ist."

Für die Manganerze ist die Bezeichnung „Braunstein" gebräuchlich, die schon bei Basilius Valentin im 15. Jahrhundert vorkommt. Der Name bezieht sich vielleicht, wie Quenstedt meint, auf die braune Glasur, welche sich mittels derselben herstellen lässt. Die Glasmacher des 16. Jahrh. nannten diese Minerale Manganes. Ob dies mit Μάγγανον, Zaubermittel, zusammenhängt, ist fraglich. Ein späterer Name ist Magnesia nigra. Die Verwendung zum Entfärben des Glases ist eine sehr alte. Durch den beim Erhitzen abgegebenen Sauerstoff wird die im Glase vertheilte braunfärbendo Kohle und das grünfärbende Eisenoxydulsilicat oxydirt. Die Eigenschaft, mit Salzsäure Chlor zu entwickeln, machte die Erze zur Grnndlage der Kunstbleiche und damit den Pyrolusit, welcher sich als das geeignetste erwies, zu einem der hauptsächlichsten Rohstoffe der chemischen Grossindustrie. Die Bereitnng von Sanerstoff aus dem letzteren Erze hat niemals grosse Dimensionen erreicht, dagegen sind in der neueren Zeit jene Verwendungen häufiger geworden, bei denen das Metall Mangan eine Rolle spielt und zwar zuerst bei der Darstellung des übermangansauren Kali, das eine Zeit lang als Desinfectionsmittel verwendet wurde, dann der Legirung mit Eisen: Ferromangan, welche als Zusatz bei der Beroitung des Bessemerstahles dient.

Wie schon im Psilomelan eine salzartige Verbindung anzunehmen ist, so betrachtet man auch noch andere schwarze Minerale, die sich als Verwitterungsproducte auf Erzgängen finden,

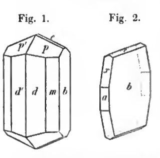
als derlei Verbindungen. Hierher ist zu zählen der Crednerit 3 CuO . 2 Mn_2O_3, körnigblätterig, der Hetairit ZnO . Mn_2O_3, faserig, das Kupfermanganerz, die Kupferschwärze, beide amorph ausser Manganoxyd auch Kupferoxyd und Wasser enthaltend und der Asbolan (Kobaltmanganerz, Schwarzer Erdkobalt), welcher überdies Kobaltoxyd hat und auf Kobaltgängen (pag. 336) vorkommt.

Hieran reihen sich der Heubachit, Heterogenit, in welchen das Kobaltoxyd vorwiegt Auch Nickeloxyd: Bunsenit wurde (in Oktaëdern) gefunden.

Göthit. *Lenz* (Pyrrhosiderit *Ullmann*).

Rhombische Krystalle, die säulenförmig bis haarförmig ausgebildet sind oder dünne Tafeln darstellen. Die gewöhnlichsten Formen sind: $d = (210)$, $m = (110)$, $b = (010)$, $p = (111)$, $e = (011)$, Fig. 1, aber auch $a = (100)$, $x = (401)$, Fig. 2.

Winkel (110) = 87° 7′, W. (011) = 62°30′, W. 111 : 1$\bar{1}$1 = 53°42′.



Spaltb. nach $b = (010)$, sehr vollk. H. = 5 .. 5·5. Dünne Schichten sind durchsichtig, glatte Flächen diamantglänzend. Farbe schwärzlichbraun bis gelblichbraun. Strich hell gelblichb aun. G. = 3·8 bis 4·3.

Chem. Zus.: $Fe_2H_2O_4$ oder $Fe_2O_3 . H_2O$ entsprechend 89·9 Eisenoxyd und 10·1 Wasser. Zuweilen wird ein geringer Gehalt an Kieselsäure oder Mangan gefunden. Gibt im Kölbchen erhitzt Wasser, wird durch Glühen roth, schmilzt äusserst schwer, wird im Reductionsfeuer schwarz und magnetisch. Durch Salzsäure wird das Pulver vollkommen aufgelöst. Es ist bisher noch nicht gelungen, Krystalle von der Zusammensetzung des Göthits darzustellen. Die Verwandlung des G. in Rotheisenerz wurde von Haidinger an Pseudomorphosen erkannt.

Man unterscheidet gegenwärtig:

Nadeleisenerz: Die nadelförmig krystallisirten, sowie die strahligen Vorkommen, wie solche von Lostwithiel und Botallak in Cornwall und von Přibram herrühren. Kleine Büschel feiner Nadeln finden sich zuweilen in den Kammern der Ammoniten in Würtemberg, Büschel oder einzelne Nadeln im Quarz der Wolfsinsel im Onegasee (Onegit), im Amethyst von Oberstein.

Sammtblende heissen die feinfaserigen traubigen Ueberzüge mit sammtartiger Oberfläche, die bei Přibram vorkommen.

Rubinglimmer. Die tafelförmig krystallisirten und blättrigen Ausbildungen, welche besonders schön bei Eiserfeld im Siegen'schen, bei Raschau in Sachsen, Nadabula in Ungarn und zwar mit Brauneisenerz vorkommen. Eine besondere Art bilden die kleinen tafelförmigen Kryställchen, die als Einschlüsse in manchen Mineralen, z. B. im Carnallit, beobachtet wurden.

Lepidokrokit. Schuppig-faserig bis körnig, oft mit traubiger oder nierförmiger Oberfläche. Sayn in Rheinpreussen, Easton in Pennsylvanien, mit Brauneisenerz.

Dichter Göthit in Pyritform. Man pflegt die häufig vorkommende Pseudomorphose hierher zu rechnen, seit v. Kobell in mehreren solchen Bildungen einen dem Göthit entsprechenden Wassergehalt fand.

Digitized by Google

Der Göthit ist nicht sehr häufig, oft ist er mit Brauneisenerz nnd Rotheisenerz in Verbindung, auf Erzgängen erscheint das Nadeleisenerz jedoch selbstständig. Der Name soll ein Zeichen der Huldigung sein, dargebracht dem Genius des grossen Dichters, der auch dem stillen Reiche der Steine sinnige Betrachtung widmete.

Interessant ist die Formähnlichkeit der drei analog zusammengesetzten Hydroxyde:

Göthit $H_2Fe_2O_4$	$pp' = 53°42'$	$ee' = 62°30'$	Spaltb. b s. vollk.
Diaspor $H_2Al_2O_4$	„ $= 53°10$	„ $= 61°18$	„ „ „ „
Manganit $H_2Mn_2O_4$	„ $= 49°11$	„ $= 57°10$	„ „ „ „

Während aber die ersteren isomorph genannt werden können, ist der Unterschied zwischen Manganit und den beiden anderen so gross, dass die Bezeichnung isomorph kaum mehr anzuwenden ist; vergl. pag. 253.

Limonit, *Beudant* (Brauneisenerz).

Niemals krystallisirt, jedoch krystallinisch und zwar faserig, dicht oder erdig. H. = 5 .. 5·5, spröde. Farbe nelkenbraun, gelblichbraun, schwärzlichbraun, Strich gelblichbraun, daher die schaumigen nnd erdigen Arten stark ins Gelbe spielen. G. = 3·5 bis 3·96.

Chem. Zus.: $2 Fe_2 O_3 . 3 H_2 O$ entsprechend 85·6 Eisenoxyd nnd 14·4 Wasser, doch sind fremde Beimischungen häufig. Das Verhalten ist wie beim Göthit.

Eine vollständige Nachahmung des dentlich krystallinischen Limonits ist noch nicht gelnngen. Der braune Niederschlag, welchen man in eisenoxydhaltigen Lösungen dnrch Ammoniak erhält, ist ein anderes Hydrat, nämlich $Fe_2O_3 . 3H_2O$; wenn aber die siedende Lösnng durch heisse Natronlauge gefällt wird, so hat der Niederschlag die Zusammensetzung des Limonits. Wird der bei gewöhnlicher Temperatur erhaltene Niederschlag jahrelang unter Wasser aufbewahrt, so wird er etwas krystallinisch und seine Zus. entspricht dem Limonit. Die Bildung des L. ist eine sehr mannigfaltige, da derselbe so ziemlich überall entsteht, wo eisenhaltige Minerale verwittern oder Eisenoxydsalze gefällt werden. Die Gattung ist demnach nngemein artenreich. Nach den Texturverhältnissen zerfallen dieselben in mehrere Abtheilungen.

1. Faseriger L.

Brauner Glaskopf. Faserig, oft radialfaserig und zugleich concentrischschalig, als Auskleidung von Hohlräumen und Geoden. Die Oberfläche ist nicht selten glatt und glänzend, bisweilen bunt angelaufen. Stalaktitische Formen sind sehr gewöhnlich. Schöne Exemplare von Siegen, Horhausen, Schneeberg, Nadabula, Hüttenberg.

Manche Vorkommen enthalten weniger Wasser als der Formel entspricht und zeigen schon einen röthlichen Strich. Hierher gehört der Hydrohämatit Breithaupt's. Derlei Bildungen werden als Uebergänge zum rothen Glaskopf betrachtet, welcher nach Haidinger aus dem braunen durch allmäligen Verlust des Wassergehaltes entsteht (pag. 123). Dasselbe gilt von dichten Erzen jener Beschaffenheit, z. B. vom Turgit.

2 Dichter L.

Die dichten Brauneisenerze umfassen viele Arten. Es giht solche, die ausgedehnte Lager bilden. Sie haben oft eine oolithische Structur, indem sie aus unzähligen kleinen rundlichen Körperchen zusammengesetzt erscheinen. Sehr bekannt sind die Lager von Kressenberg und Sonthofen in Baiern, jene von Aschaffenburg, Wasseralfingen, Harzburg, sowie die ausgedehnten Ablagerungen in Luxemburg, Lothringen und im Departement der oberen Marne. Unter den heute noch fortdauernden Bildungen zeigen die später zu erwähnenden Seeerze eine merkliche Analogie.

Gangförmige Brauneisenerze sind ebenfalls häufig. Hierher gehören jene im älteren Sandstein Westphalens, der Rheinlande, der Vogesen, ebenso jene im Schwarzwald, in der Haardt und in Nassau. In den krystallinischen Silicatgesteinen, z. B. im Melaphyr, Amphibolit lässt sich die Bildung von Erztrümern in Folge der Zersetzung des Nebengesteins öfters deutlich verfolgen. Hier concentrirt sich der Eisengehalt, welcher dem Gestein durch die Tagewässer entzogen wird, in den Gesteinsklüften. Mit den Erscheinungen der Verdrängung treten häufig Trümer und Nester im Kalkstein auf, bisweilen auch ganze Lagerstätten z. B. in der Eifel, öfters sind es Erzanhäufungen am Contacte zwischen Kalkstein und Silicatgesteinen, wie in Nassau, in Mähren zwischen Kalkstein nnd Diabas. Pseudomorphosen, welche die Verdrängung von Kalkspath durch Brauneisenerz beweisen, wurden hei Bodenmais gefunden (s. pag. 300).

Sehr gewöhnlich sind solche Brauneisenerze, welche durch Verwitternng von Eisenspath entstanden sind (s. p. 301). Im Kleinen ergibt sich das Resultat dieses Vorganges an den Pseudomorphosen, welche die Rhomboëder des Eisenspathes vollkommen erhalten zeigen, z. B. an jenen von Hüttenberg und Eisenerz: aher auch ganze Lagerstätten lassen durch Pseudomorphosen, Ueberbleibsel, Erhaltung der Textur u. s. w. deutlich erkennen, dass sie früher aus Eisenspath bestanden. So der schon früher genannte mächtige Stock bei Herges nnd Brotterode im Thüringerwald, die unregelmässige Lagerstätte am Iberg und Winterberg im Harz u. a. m. Für das Verwitterungsproduct gebraucht man öfters die Namen Schwarzerz, Blauerz. Viele Eisenspathlagerstätten sind blos am Ausgehenden in Brauneisenerz verwandelt.

Durch Verwitterung der Eisenkiese sind auch bisweilen grössere Ablagerungen entstanden, wie z. B. jene in den Staaten Neu-England, Pennsylvanien, Tennessee etc. nach den Beobachtungen von Lesley. Kleine Mengen von Brauneisenerz erscheinen bisweilen durch Umwandlung von Eisenglanz (Fe_2O_3) und Magnetit (Fe_3O_4) gebildet. Eisenhaltige Silicate, wie Olivin, Augit, Hornblende, Biotit, liefern bei der Verwitterung oft Pseudomorphosen reich an Br. Auch Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Gyps, Cerussit, Fluorit u. a. sind heobachtet worden.

3. Ocheriger L.

Lockere gelblichbraune his gelbe Ocher begleiten öfters in kleinen Mengen alle Limonite. Grössere, abhauwürdige Mengen des als Farbe verwendbaren Ochers hilden sich hie und da bei der Verwitterung eisenhaltiger Dolomite, z. B.

am Semmering. Der geringe Eisengehalt liefert einen schaumigen Rückstand, weil die ganze übrige Substanz des ursprünglichen Minerals aufgelöst und fortgeführt wird. Als zum Limonit gehörige Ocher sind nach den Beobachtungen des Autors der Gelbeisenstein Hausm., welcher oft mit braunem Glaskopf verwachsen vorkommt und der Xanthosiderit Schmid's anzusehen, während sonst darin ein Hydrat $Fe_2O_3 \, . \, 2\,H_2O$ vermuthet wurde. Aller Limonit erscheint bei feiner Vertheilung ocherig, z. B. im braunen Thoneisenstein. Hierher gehören auch die Gemenge, welche von Hausmann Umbra genannt wurden und welche etwas kieselsäurehaltig sind. Die Umbra von Cypern darf jedoch nicht mit der kölnischen Umbra des Handels verwechselt werden, die eine aus Braunkohle bereitete Farbe ist. Auch der Hypoxanthit, als Terra di Siena bekannt, ist ein Gemenge von Brauneisenerz mit Thon.

4. Fettglänzender (schlackiger) L.

Ein Gehalt an Kieselsäure oder Phosphorsäure verursacht einen glatten muscheligen Bruch mit fettglänzender Bruchfläche: Stilpnosiderit, welcher als Verwitterungsproduct entsprechender Minerale nicht selten ist. Schöne Exemplare kommen von Siegen, aus dem Westerwald, von Czerhowitz in Böhmen. Heller gefärbt ist das Kupferpecherz, das nicht selten bei der Verwitterung von Kupferkies und verwandten Mineralen gebildet wird und etwas Kupfersilicat enthält.

5. Löcheriger, knolliger, erdiger L. mit Sand u. s. w.

Diese Limonitarten werden oft als Raseneisenerz zusammengefasst.

Dieselben finden sich vorzüglich in Sand- und Haidegrund, bilden einzelne knollige Stücke, grössere Klumpen, auch zusammenhängende Lager. Alle enthalten Kieselsäure und Phosphorsäure, manche haben einen höheren Wassergehalt, so dass ein Hydrat $Fe_2O_3 \, . \, 3\,H_2O$ darin zu vermuthen ist. Beimischung organischer Substanz ist häufig zu erkennen. (Quellerz wegen des Gehaltes an Quellsatzsäure.) Gewöhnlich umschliessen sie Sand, Geschiebe, Glimmerblättchen und andere fremde Körper. Die Bildung wurde pag. 290 erwähnt.

Das Wiesenerz Werner's ist löcherig, dunkelfarbig, dem Stilpnosiderit ähnlich. Morasterz, Sumpferz ist bald mehr dicht und ocherig, bald wie Kalktuff löcherig und zeigt Pflanzenabdrücke.

In sandigem Wiesen- und Ackergrund bilden sich bisweilen Concretionen und Vererzungen von Wurzeln etc. Die Heimat aller dieser jugendlichen Bildungen sind die feuchten sandigen Niederungen in Norddeutschland, Dänemark, Finnland, Schweden, überhaupt der nördliche Theil der gemässigten Zone.

In Schweden bildet sich am Grunde mancher Seen ein dunkler Schlamm, aus dem ocherige Schichten von Seeerz entstehen. Sie enthalten öfters Aggregate kleiner Kügelchen, analog den oolithischen Erzen. In 15 bis 30 Jahren kann eine Schichte von 10 bis 15 Ctm. Dicke gewonnen werden. Kleine Organismen, auf welche Ehrenberg aufmerksam machte, sollen bei diesem Absatze mitwirken (Stapff, Zeitschr. d. geol. Gesellsch. Bd. 18, pag. 86). Alle Erze dieser Abtheilung lassen sich leicht schmelzen, daher die Meinung entstand, dass mit diesen die Eisengewinnung begann. Linné's Name Tophus Tubalcaini spielt hierauf an.

6. Pisolithischer L

Kügelchen von Erbsengrösse und darüber, welche schalige Textur zeigen, öfters durch ein Bindemittel verkittet, häufig mit einander zu Klumpen vereinigt sind, bilden die **Bohnerze**. Sie füllen Spalten und sackförmige Vertiefungen in Kalkstein oder lagern in Thalsenkungen. Sie sind als Quellenbildungen aufzufassen, analog dem Erbsenstein, pag. 290. Bekannte Fundorte sind Kandern und Mühlheim in Baden, Tuttlingen und Frohnstätten in Würtemberg, auch sind die Bohnerze in Krain, in der Schweiz, in der Franche Comté und anderwärts verbreitet. Manche derselben enthalten kleine Mengen von Titan, Chrom, Vanadin, Arsen. Jene, welche mit Säuren Kieselgallerte geben, nähern sich dem Chamoisit.

7. Imprägnationen.

Das Bindemittel mancher Conglomerate und Sandsteine ist reich an Brauneisenerz. Sand, Gerölle, Thonablagerungen, Kalksteine und viele Kieselgesteine sind durch **fein vertheiltes Brauneisenerz** gelb oder braun gefärbt, auch die Ackerkrume zeigt oft durch ihre Farbe ihren Eisengehalt an. Im Sand, Mergel, Thon vereinigt sich das Erz häufig zu Concretionen, deren manche schalig erscheinen, wie die **Eisenniere**, während andere hohl sind, wie die **Adlersteine**, **Klappersteine**. Bisweilen lagern viele knollenförmige Concretionen in derselben Schichte. Davon sind jedoch solche Ablagerungen zu unterscheiden, welche abgerollte Erzstücke auf **secundärer Lagerstätte** zeigen. (Unterkrain, Peine bei Hannover.)

Unter den Brauneisenerzen ist der Limonit das reinste, für die Stabeisenbereitung vorzüglich geeignet. Die Sumpferze und Raseneisensteine waren früher wegen des Phosphorgehaltes gering geachtet, indess werden dieselben gegenwärtig, da man die Entfernung des Phosphors durch Magnesit und Dolomit auszuführen gelernt hat, gleichfalls verhüttet.

Hämatit, *Hausmann* (Rotbeisenerz).

Rhomboëdrisch. RW. 93°50′. Die Krystalle zeigen bisweilen das Grundrhomboëder R für sich, Fig. 1, z. B. jene von Altenberg, oft aber sind die Polkanten durch $e = -\frac{1}{2} R\ (01\bar{1}2)$ abgestumpft, Fig. 2. An den Krystallen von Elba, Fig. 3 und 4, ist die verwendete Pyramide $n = \frac{4}{3} P2\ (22\bar{4}3)$ die typische Form, doch kommen auch Skalenoëder, wie $i = \frac{2}{5} R3\ (42\bar{6}5)$ und stumpfe Rhomboëder vor. Von letzteren ist $s = \frac{1}{4} R\ (10\bar{1}4)$ gewöhnlich. In treppenförmiger Wiederholung mit $u = \frac{3}{5} R\ (30\bar{3}5)$ bildet es die Riefen, welche auf der Kuppe der Elbaner Krystalle fast immer zu sehen sind. An den tafelförmigen Krystallen der alpinen Fundorte hat man ausser der herrschenden Endfläche $c = o R\ (0001)$ eine ziemliche Mannigfaltigkeit in den Combinationen der schmalen Flächen, unter denen das verwendete Prisma $m = \infty P2\ (11\bar{2}0)$ und das verwendete Rhomboëder $d = -2 R\ (02\bar{2}1)$ häufig sind, Fig. 5, 6. (Ueber die Formen: Strüver i. d. Schriften d. Akad. z. Turin, 1872. Bücking, Zeitschr. f. Kryst. 1877, I. 562, 1878, II. 423.)

Auf der Endfläche zeigt sich oft eine Treppenbildung parallel den Kanten *c*:*d*. Zwillinge sind nicht selten. Die Elbaner Krystalle haben 0 *R* als Zwillingsebene (vergl. pag. 86), die tafelförmigen hingegen ∞ *R*, wie in Fig. 6. Es kommen auch Zwillinge nach *R* vor, ähnlich wie beim Korund.

Eine deutliche Spaltb. ist nicht vorhanden, die Absonderungen nach *r* und *c* dürften blos einer durch Zwillingsbildung bedingten schaligen Zusammensetzung entsprechen. H. = 5·5—6·5, spröd. Bruch muschelig bis uneben und erdig. Die krystallisirten Arten haben Metallglanz, eisenschwarze oder dunkel stahlgraue Farbe. In sehr dünnen Schichten zeigt sich Durchsichtigkeit. Strich kirschroth

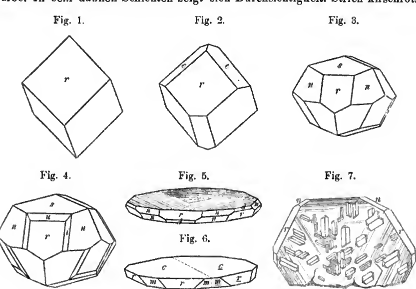


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

bis braunroth. Die Wirkung auf die Magnetnadel ist gering, die empfindlich gemachte Nadel wird aber deutlich angezogen. G = 4·9 bis 5·3.

Chem Zus.: Eisenoxyd Fe_2O_3, entsprechend 70 Eisen, 30 Sauerstoff. Manche Arten sind titanhaltig, fremde Beimischungen häufig. V. d. L. schmilzt er nicht, im Red.-Feuer geglüht, wird er stark magnetisch. Das Pulver löst sich nur langsam in Säuren.

Die künstliche Darstellung des krystallisirten Eisenoxydes ist schon oft ausgeführt worden und zwar sowohl durch Schmelzprocesse als durch Anwendung von Dämpfen, pag. 285. Am leichtesten erhält man die Blättchen, nach G. Rose, durch Schmelzen von Eisenoxydpulver mit Borax.

Als zufälliges Product wurden derlei Krystalle bei mancherlei Ofenprocessen erhalten. Pulveriges Eisenoxyd erhielt Senarmont durch Erhitzen des gewöhnlichen braunen Niederschlages $Fe_2O_3 . 3H_2O$ in einer Auflösung von Meersalz.

Interessant ist die Isomorphie des Eisenoxydes mit dem Ilmenit und Korund, indem die Rhomboëderwinkel für Fe_2O_3 : 93°50′, $FeTiO_3$: 93°50′, Al_2O_3 : 93°56′ betragen.

Die Mannigfaltigkeit der Arten ist auch hier sehr gross.

1. Krystallisirter Eisenglanz.

Sitzende Krystalle, meist mit Quarz in Spalten der krystallinischen Schiefer und überhaupt der älteren Silicatgesteine, ferner auch in Hohlräumen von Eisenglanz-Lagerstätten sind ältere Krystallisationen. Dickere Krystalle in schöner Ausbildung finden sich auf Gängen bei Altenberg in Sachsen, in dem körnigen Eisenglanz der Insel Elba. Diese sind häufig bunt angelaufen. Tafelförmige Krystalle, bald einzeln, bald gehäuft in rosettenförmiger Gruppirung (Eisenrosen), kommen auf Spalten im Gebiete des Gotthard und sehr schön im Binnenthal vor. Auf manchen Eisenglanztafeln vom Cavradi in Tavetsch erscheint Rutil in regelmässiger Verwachsung, welche von Breithaupt, Haidinger und v. Rath beschrieben wurde. Die Rutilprismen sind so gelagert, dass sie die Hauptaxe senkrecht zu einer Prismenfläche am Eisenglanz und ihr 100 parallel zur Endfläche des letzteren haben. In Folge dessen spiegeln die Flächen 101 und 111 am Rutil, annähernd gleichzeitig mit *r* und *n* am Eisenglanz, Fig. 7. Durch einen merklichen Titangehalt ergeben sich Uebergänge zum Titaneisenerz. Schöne Vorkommen sind auch jene von Traversella in Piemont, Framont in Lothringen, Capao in Brasilien. Dünntafelige Krystalle mit Quarz bilden schöne Drusen bei Cleator Moor in Cumberland, säulenförmige Krystalle kennt man von Reichenstein in Schlesien. Sowohl an dem Elbaner Eisenglanz als auch an alpinen Stufen wurde die Umwandlung in Magnetit mehrmals constatirt.

Als jüngere Bildung erscheint der vulkanische Eisenglanz in tafelförmigen, oft skelettartig gebildeten Krystallen in Spalten der Vesuvlava, ebenso am Aetna, der Insel Ascension, in Spalten des trachytischen Gesteines im Hargitagebirge Siebenbürgens. Ueber die Bildung s. pag. 285.

Mikroskopische Täfelchen von Eisenglanz finden sich als Einschluss im Sonnenstein, Carnallit etc. und bedingen einen rothen metallischen Schiller (pag. 108 und 146).

Einzelne meist tafelförmige Kryställchen werden als accessorischer Gemengtheil in manchen Felsarten, besonders in älteren Silicatgesteinen, zuweilen auch im Steinsalz gefunden.

2. Blätteriger und körniger Eisenglanz.

Blätterige bis schuppige Massen (Eisenglimmer) treten untergeordnet in älteren schiefrigen Felsarten auf, zuweilen mit Eisenspath und Pyrit, z. B. bei Waldenstein in Kärnten. Locker verbundene Schüppchen geben den Eisenrahm. Im Eisenglimmerschiefer sind die Blättchen und Schuppen von Eisenglanz meist durch Quarz verbunden. Derselbe findet sich in ausgedehnten Lagern in Brasilien, Nordcarolina, ferner auch in der Marmaros und an a. O. Im Itabirit Brasiliens ist auch Magnetit beigemengt.

Der körnige Eisenglanz bildet viele bedeutende Lagerstätten, darunter die altberühmte von Elba: Insula inexhaustis chalybum generosa metallis. (Virgil Aen.) Die Erzmasse bildet ein stockartiges Lager, 1500 M. lang, 500 M. breit, zwischen Talkschiefer und aufliegendem körnigen Kalk. Sie zieht sich am Strande bei Rio marino, wo der grosse Tagbau, bis zu 200 Metern hinauf. Der

Eisenglanz ist mit Rotheisenerz, stellenweise auch mit Magnetit vorhanden. Eingelagerter Eisenglimmer enthält die bekannten schönen Pyritkrystalle. In Spanien hat die Provinz Sevilla ein mächtiges Lager in Glimmerschiefer, in Schweden beherbergen die krystallinischen Schiefer von Gellivara, Grengesberg, Norberg, Langbanshyttan die weltberühmten Lager von Eisenglanz und Magnetit, welche häufig von körnigem Kalkstein und verschiedenen Silicaten begleitet werden. Am Iron Mountain in Missouri durchsetzt eine Masse von dichtem Eisenglanz den Melaphyr und ist von Apatit begleitet. Gänge werden auch bei Rio Albano in Italien beobachtet. Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Kalkspath kennt man von Sundwig bei Iserlohn, Markirch im Elsass, Andreasberg etc. Diese und das Vorkommen von Eisenglanz als Vererzungsmaterial von Muscheln bei Semur im Côte d'or zeigen die Bildung des Eisenglanzes aus Lösungen an.

3. Faseriges Rotheisenerz.

Der rothe Glaskopf (Blutstein) hat die doppelte Textur wie der braune Glaskopf, aus welchem jener nach Haidinger durch Verlust des Wassers hervorgegangen ist. Der Glanz ist gering, auf den glatten Schalenflächen ist er noch etwas metallisch. Farbe schon deutlich roth. Häufig in Sachsen, Böhmen, am Harz, in den Vogesen mit dichtem Rotheisenerz. Früher zum Poliren, gegenwärtig manchmal für Schmuckgegenstände benutzt.

4. Dichtes Rotheisenerz, Rotheisenstein.

Die kirschrothe oder braunrothe Farbe tritt stark hervor, Metallglanz mangelt. Die Erze sind compact, porös, oolithisch, oft mit Quarz, aber auch mit Kalkstein gemengt. Sie scheinen in den meisten Fällen aus Brauneisenerz hervorgegangen zu sein. Dafür spricht auch die Wahrnehmung, dass Brauneisenerze in allen geologischen Formationen, Rotheisenerze vorwiegend in den älteren vorkommen. Lager von dichtem oder oolithischem Rotheisenstein sind in den alten sedimentären Schichten Böhmens verbreitet, ebenso bei Elbingerode am Harz, im rheinischen Schiefergebirge, in Westphalen in Nassau. Sie sind öfters mit Diabas und Schalstein verknüpft. Ausgedehnte Lager werden auch im Steinkohlengebiete des nördlichen England, im Süden des oberen Sees in Nord-Amerika und an a. O. abgebaut. Manche Rotheisensteine zeigen ein gangförmiges Auftreten, wie bei Zorge am Harz im Diabas, bei Altenberg, Geyer, Schneeberg, Johanngeorgenstadt, Eibenstock in Sachsen im Granit, Porphyr und Gneiss, bei Diez in Nassau im Porphyr. Derlei Gänge zeigen häufig die Begleitung von Manganerzen.

Manche Rotheisenerze geben sich als Verdränger des Kalksteins zu erkennen, nicht blos in Lagern, welche Ammoniten, Korallen etc. in vollständiger Vererzung darbieten, wie solche in Nassau, am Harz vorkommen, sondern auch trümerförmige und nesterartige Vorkommen von Rotheisenstein und Quarz, welche daselbst gefunden werden, sind hierher zu rechnen. Die Pseudomorphose nach Calcit findet sich überdies häufig auf den sächsischen Rotheisenlagerstätten, ferner bei Siegen, Dillenburg, Andreasberg, Iserlohn etc. Die übrigen aus Rotheisenerz bestehenden Verdrängungs-Pseudomorphosen (nach Dolomit, Fluorit, Anhydrit etc.) entsprechen jenen aus Brauneisenerz gebildeten. Die Umwand-

Digitized by Google

lung von Eisenkies und jene von Eisenspath in Rotheisenerz kann man häufig constatiren, die Pseudomorphose nach Magnetit, welche an Exemplaren aus Brasilien mit Sicherheit erkannt werden kann, hat Anlass zur Controverse gegeben, da Breithaupt selbe als Martit bezeichnete und für eine besondere Gattung hielt, so dass eine Dimorphie des Eisenoxydes angenommen wurde. Eisenhaltige Silicate, wie Olivin, Biotit, Granat, gehen bei der Verwitterung öfters Anlass zur Bildung von Pseudomorphosen, die viel R. enthalten.

5. Ocheriges Rotheisenerz.

Rother Ocher begleitet viele der genannten Erze; mit Thon gemengt, gibt er den rothen Thoneisenstein, der bisweilen durch Braunkohlenbrände eine stengelige Absonderung angenommen hat, und den Röthel. Dieser kann durch Glühen der Gelberde nachgeahmt werden.

6. Imprägnationen.

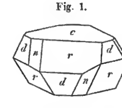
In dieser Form ist das Eisenoxyd in ähnlicher Weise verbreitet wie das Brauneisenerz: als Bindemittel in Sandstein, in feiner Vertheilung in Thon, Mergel, Kalkstein. Die rothe Farbe der Gesteine rührt überhaupt von diesem Erz her und wird beim Porphyr, Granit, Marmor geschätzt.

Washingtonit, Hystatit wurden Minerale genannt, welche in der isomorphen Eisenglanz-Ilmenitreihe Mittelglieder bilden. Man kann auch den Basanomelan Kobell's, d. i. jene Eisenrose, welche schon einen schwarzen Strich zeigt, hierherstellen.

Ilmenit (Titaneisenerz, Kibdelophan, Crichtonit).

Rhomboëdrisch, in den Winkeln und der Zwillingsbildung mit Eisenglanz übereinstimmend, jedoch der rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Abtheilung zugehörig. Die Flächen der Skalenoëder und verwendeten Pyramiden treten demgemäss öfter blos in halber Anzahl auf, wie dies beistehende Figur im Vergleiche zu Figur 3 beim Hämatit angibt. R. Winkel schwankend, 93° 50 bis 94° 29′. H. = 5 ... 6. Farbe eisenschwarz, dadurch vom Eisenglanz verschieden. Wenig oder gar nicht magnetisch, durch Salzsäure nur sehr schwer zersetzbar, dadurch von dem ähnlichen Magnetit zu unterscheiden. G = 4·3 bis 4·9. V. d. L. nicht schmelzbar, mit conc. Schwefelsäure erhitzt, eine blaue Färbung ergebend.

Fig. 1.



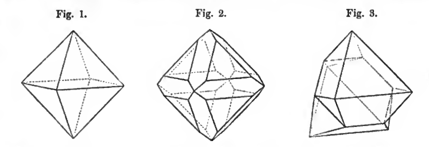
Chem. Zus.: $FeTiO_3$ oder $FeO \cdot TiO_2$, entsprechend 47·4 Eisenoxydul und 52·6 Titandioxyd. Diese Formel gilt aber nur für das Endglied der Reihe, z. B. für die Ilmenite von Miask, Egersund, während andere Vorkommen sich als isomorphe Mischungen dieser Verbindung mit Fe_2O_3 darstellen. Einige enthalten auch $MgTiO_3$ (Pikrotanit Dana's von Warwick). Der Ilmenit wäre demnach zu den Titanaten (V. Classe) zu stellen. Er ist nur wegen der Isomorphie und Aehnlichkeit mit Eisenglanz hier behandelt.

Man kennt mehrere Arten. Sitzende Krystalle mit Quarz, Albit, Anatas etc. in Spalten der krystallinischen Schiefer, z. B. im Dauphinée. Schwebend gebildete Krystalle im Miascit des Ilmengebirges, in krystallinischen Schiefern,

z. B. mit Apatit bei Kragerö, mit Talk und Bitterspath von Ingelsberg bei Gastein; schwebend gebildete Täfelchen als Gemengtheil eruptiver Gesteine, wie Dolerit, Diabas. Derbe Körner in Basalt bei Unkel am Rhein. Derbe Massen bei Egersund in Norwegen. Secundär, lose als kleines Gerölle (Iserin) auf der Iserwiese im Riesengebirge, als Sand (Menaccanit) in Cornwall. Grössere Mengen von Titaneisensand in den linken Zuflüssen des St. Lorenzstromes in Canada etc. Wo der I. als Gesteinsgemengtheil auftritt, erscheint er bisweilen in Titanit verwandelt. (Leukoxen, Titanomorphit.)

Magnetit, *Haidinger* (Magneteisenerz).

Krystalle tesseral, meist Oktaëder. Die selteneren Rhombendodekaëder zeigen fast immer eine Riefung parallel den Oktaëderkanten. Würfel und andere Formen kommen auch bisweilen vor. Zwillingsbildung nach 111 häufig, führt öfters zu schaliger Zusammensetzung. Keine deutl. Spaltb., Bruch muschelig


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

bis uneben. H. = 5·5 . . 6. Farbe eisenschwarz, Strich schwarz, Metallglanz, vollständige Undurchsichtigkeit, starker Magnetismus. Manche Exemplare zeigen polaren Magnetismus, sind natürliche Magnete. Immer sind es rostige Stücke. Durch solche Funde wurden die Menschen zur Kenntniss des Magnetismus und zur Herstellung der Magnetnadeln geführt. G. = 4·9 bis 5·2.

Chem. Zus.: $Fe_3 O_4$ oder $Fe O . Fe_2 O_3$, Oxyduloxyd, entsprechend 72·4 Eisen und 27·6 Sauerstoff. Oefters titanhaltig. V. d. L. schwer schmelzbar, gepulvert durch Salzsäure leicht auflöslich, die Lösung gibt mit Ammoniak einen schwärzlichen Niederschlag. Dieselbe muss zuvor mit Salpetersäure gekocht werden, um den braunen flockigen Niederschlag zu liefern. Die künstliche Darstellung von krystallisirtem Eisenoxyduloxyd gelingt auf sehr verschiedenem Wege, im Kleinen nach G. Rose durch Schmelzen von Eisenoxyd mit Borax in der Reductionsflamme. Als zufälliges Hüttenproduct hat man Krystalle wiederholt beobachtet.

Man kennt viele Arten. Nach dem äusseren Aussehen hat man:

1. Sitzende Krystalle.

Auf Spalten krystallinischer Schiefer finden sich zuweilen schöne Krystalle, z. B. im Binnenthal in der Schweiz. Hier zuweilen nach Seligmann eine regelmässige Verwachsung von Rutil mit M. Einzelne Krystalle und Drusen auf derbem Magnetit kommen von Traversella, Morawitza, Blagodat etc.

2. Schwebende Krystalle.

Häufig in krystallinischen Schiefern als accessorischer Gemengtheil, wie im Chloritschiefer aus dem Zillerthal. Die Oktaëder von Fahlun sind mit Tafeln von Chlorit bedeckt. Im Talkschiefer von Zermatt, Zöptau, öfters im Hornblendeschiefer, Serpentin, Kupferkies, Eisenglanz, letzteres in den schwedischen Erzen. Merkwürdig sind die gestrickten Formen von M., welche nach Dana im Glimmer von Pennsbury vorkommen. Sie sind so dünn, dass zuweilen im durchfallenden Lichte eine braune Farbe erkennbar wird.

3. Deutliche Oktaëder bis zu mikroskopischen Kryställchen und Körnchen sind ein selten fehlender Gemengtheil der Massengesteine, wie Granit, Syenit, Diorit, Diabas, Melaphyr, Basalt, Trachyt. Sie sind häufig mit Angit, Hornblende, Biotit verwachsen. Die dunkle Farbe vieler Basalte, Melaphyre, Andesite etc. wird durch den Magnetit bedingt. Die im Basalt bisweilen vorkommenden derben Einschlüsse (schlackiges Magneteisen) enthalten viel Titan.

4. Körniger Magnetit.

Im Gebiete der krystallinischen Schiefer sind Lager von Magneteisenerz eine häufige Erscheinung. Kirlibaba in der Bukowina, Schmiedeberg in Schlesien, Berggiesshübl in Sachsen sind Beispiele geringerer Mächtigkeit. In Skandinavien und Finnland lagern aber kolossale Mengen von körnigem bis dichtem Magnetit, oft mit Eisenglanz vereinigt und mit Hornblende, Augit, Granat, Glimmer, Chlorit verwachsen und von mancherlei anderen Mineralen begleitet, im Gneiss, Chloritschiefer etc. Dannemora, Gellivara, Arendal bezeichnen einige der grössten Lagerstätten. Enorme Erzmassen treten aber auch in den Staaten New-York, New-Jersey, Pennsylvanien auf, wo dieselben meist im Gneiss lagern. In ihrer Art unübertroffen sind die stockförmigen Massen im Ural, welche mit augit- und hornblendeführenden Massengesteinen verbunden sind. Von Nord nach Süd gezählt folgen die Magneteisenberge Katschkaner, Blagodat, Wissokaja Gora und Magnitnaja Gora aufeinander. Die Wissokaja ist am reichsten, sie liefer jährlich über $3\frac{1}{2}$ Millionen Centner Erz. Am Katschkanar finden sich natürliche Magnete. Eine kleine, wegen des Mineralreichthums interessante Lagerstätte ist Traversella in Piemont. Auf Elba begleitet M. den Eisenglanz. Dass es hier wenigstens theilweise aus diesem Mineral entstand, beweisen die durch v. Rath entdeckten Pseudomorphosen. Die Umwandlung von Eisenglanz in Magnetit zeigen aber auch andere Vorkommen z. B. von Morawitza, aus dem Binnenthal etc. Ein mulmiges Magneteisenerz (Eisenmulm) kennt man von Siegen. Es ist wahrscheinlich infolge eines Braunkohlenbrandes aus Eisenspath entstanden.

5. Secundäre Lagerstätten.

Durch die Zerkleinerung jener Felsarten, welche Magnetit als Gemengtheil enthalten, und durch den natürlichen Schlämmprocess bilden sich an vielen Orten Ablagerungen von Magneteisensand, welcher häufig titanhaltig ist (magnetischer Titaneisensand), wohl zum Theil durch beigemengten Ilmenit. So am Strande der Ostsee, stellenweise am mittelländischen Meer, an den Ufern des Lake Superior, am unteren St. Lorenz-Strom. In Californien, Oregon, der Nordinsel Neuseelands, sind diese Eisensteinseifen auch goldhaltig. Grössere

Digitized by Google

Stücke von Magneteisenerz finden sich oft lose in der Nachbarschaft der Lagerstätten oder sie bilden, durch ein Bindemittel vereinigt, feste Massen, wie die Tapanhoacanga genannte Ablagerung Brasiliens, welche Stücke von Magnetit, Eisenglanz und Brauneisenerz und Gesteinstrümmer enthält.

Der Magnetit liefert bei der Verwitterung Brauneisenerz oder auch Rotheisenerz. Der letztere Vorgang lässt sich durch Einwirkung von kohlensäurehalt. Wasser erklären, welches Eisenoxydul auflöste, während Fe_2O_3 zurückblieb (s. pag. 297).

Der Limonit, Hämatit und Magnetit sind die Eisenerze, welche zusammen mit dem Eisenspath die Grundlage der Eisenindustrie bilden. Der Magnetit steht in der Reihe obenan, die Eisenglimmer und die titanhaltigen Erze werden am wenigsten geschätzt. Die Eisenerzeugung hat gegenwärtig eine erstaunliche Höhe erreicht. Das meiste Eisen produciren: Grossbritannien 169 Millionen Ctr., die Vereinigten Staaten in N.-A. 90 Millionen Ctr., Deutschland 67 Millionen Ctr. nach den Ausweisen für das Jahr 1883. Die Gesammtproduction auf der ganzen Erde wurde das Jahr 1873 auf 272 Millionen Ctr. geschätzt. (Technisches in Stölzel's Metallurgie, Dürre's Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Kerl's Grundriss der Eisenhüttenkunde.)

An den Magnetit schliessen sich die damit isomorphen: Der Magnesioferrit (Magnoferrit) Rammelsberg's, ein vulkanischer Magnetit vom Vesuv, nahezu $MgO.Fe_2O_3$, der Jacobsit Damour's $MnO.Fe_2O_3$, der Franklinit Berthier's eine Mischung von $ZnO.Fe_2O_3$ mit Magnetit und den vorigen Verb. Letzteres Mineral bildet bei Franklin und bei Sterling in New-Jersey theils Lager für sich, theils wird es von Kalkspath umgeben und von Rothzinkerz, Willemit, Troostit etc. begleitet. Strich braun, Magnetismus sehr gering.

Chromit, *Haidinger* (Chromeisenerz).

Oktaëdrische Krystalle, Körner oder derbe körnige Massen in Serpentin, selten im Dolomit. Bruch muschelig bis uneben. H. = 5·5, Farbe bräunlichschwarz, Strich braun, Glanz halbmetallisch bis fettartig, meist nicht magnetisch. Chem. Zus.: $FeO.Cr_2O_3$ in isomorpher Mischung mit den Substanzen des Magnetits und Spinells. V. d. L. unschmelzbar. Wird das Pulver mit Salpeter geschmolzen, die Schmelze mit Wasser behandelt, so erhält man eine durch chromsaures Kali gelbe Lösung. Krystalle von der Zus. $FeO.Cr_2O_3$ wurden von Ebelmen dargestellt, pag. 261.

Der Ch. hat seine Heimat im Serpentin, welcher keine ursprüngliche Felsart, sondern durch Metamorphose aus Olivinfels entstanden ist. Die Bildung wird dadurch erklärt, dass bei der Umwandlung des Olivins der Chromgehalt des letzteren in die Oxydform übergeführt wurde. S. pag. 122 und 302.

Serpentin mit Gängen und Nestern von Chromit findet sich bei Kraubat in Steiermark, Eibenthal im Banat, Tromsoe, Rohammer in Norwegen, Wooded Peak in Neuseeland u. a. O. Uebergänge zum Picotit wurden Chrompicotit genannt. Der Chromit wird zur Herstellung der Chromfarben und überhaupt der Chrompräparate benutzt.

Wegen der chemischen Analogie ist hier noch das Uranpecherz (Nasturan Kobell's) zu erwähnen, welches zuweilen in Oktaëdern, meistens jedoch in derben oder auch nierförmigen

Massen vorkommt und wesentlich Ur_3O_4 zu sein scheint. Joachimsthal in Böhmen, Marienberg, Annaberg in Sachsen, Mitchell Cty. in Nordcarolina u. a. O. Es wird zur Herstellung der theuren Uranpräparate benutzt.

Der Coracit nähert sich dem vorigen, auch der bleihaltige Cleveit ist demselben verwandt.

IV. Classe: Spinelotype.

Diese Abtheilung enthält die salzartigen Verbindungen, welche von den Hydroxyden der beiden einfachen Stoffe Aluminium und Bor abgeleitet werden.

I. Ordnung: Aluminate.

Krystallisirte Minerale von bedeutender Härte (7 bis 8·5). Unschmelzbar, durch Säuren, selbst durch Flusssäure nicht zersetzbar, durch Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali aufschliessbar. G. = 3·5 bis 4·9.

Spinell.

Meistens Oktaëder, einfache Krystalle oder Zwillinge nach 111, zuweilen auch mit (110), (311) selten (100). Ueber die polysynthet. Zwillinge: Strüver, Zeitschr. f. Kryst. II. 480. Die Krystalle sind häufig einzeln, eingeschlossen,

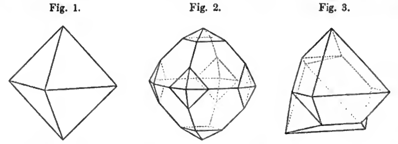


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

selten in Drusen vereinigt. Bruch muschelig, keine deutl. Spaltb. H. = 8. Glasglanz, durchsichtig bis undurchsichtig. G. = 3·5 bis 4·1.

Chem. Zus.: $MgO \,.\, Al_2O_3$ entsprechend 28 Magnesia und 72 Thonerde, gewöhnlich als Typus jener isomorphen Gruppe angesehen, welche ausser den folgenden zum Spinell gehörigen Gattungen auch die zuletzt angeführten Erze, den Magnetit, Franklinit etc. umfasst. S. pag. 252. Die Spinelle enthalten aber ausser der hauptsächlichen Verbindung auch isomorphe Beimischungen. Ebelmen hat nicht nur die natürlichen Mischungen nachgeahmt, sondern auch noch manche andere in Krystallen dargestellt. V. d. L. ist der Sp. unschmelzbar, durch Säure wird er nicht angegriffen, beim Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali aber aufgeschlossen.

Nach Genth, welcher Pseudomorphosen aus Hindostan beschrieb, bildet sich Sp. zuweilen aus Korund.

Man unterscheidet:

Edlen Spinell. Selten farblos, oft rosenroth, carminroth, cochenille-, hyacinth-, blutroth. Oft als Edelstein benutzt. Die hochrothen werden Rubin-

spinell, die blassrothen Balas-Rubin, die bläulichrothen Almandinspinell, die gelblichrothen Rubicell genannt. Die rothe Farbe soll durch den Gehalt an Chromoxyd bedingt sein. Die meisten kommen aus Ceylon, wo dieselben lose im Sande mit Pleonast, Sapphir, Zirkon, Granat etc. gefunden werden.

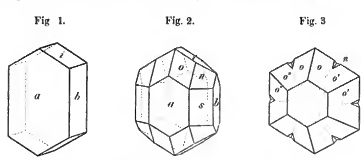
Halbedle Sp. Der blaue, welcher im Kalkspath von Aker in Södermanland, von Sussex County in New-York vorkommt, enthält etwas $FeO . Al_2O_3$ beigemischt, der grüne (Chlorospinell) aus dem Chloritschiefer von Slatoust etwas $MgO . Fe_2O_3$.

Pleonast (Ceylanit). Die schwarzen Sp., in welchen die beiden letztgenannten Verbindungen beigemischt sind. Ueber die Formen: Strüver, Zeitschr. f. Kryst. I. 233. Eine Art ist ein ausgezeichnetes Contactmineral. Die grössten Krystalle von Warwick und Amity in New-York, formenreiche im Albanergebirge, einfachere an der Somma, im Fassathal, überall im Kalkspath mit Augit, Hornblende, Biotit, Vesuvian etc. Zuweilen wird eine Umwandlung von P. in ein weiches wasserhaltiges Gemenge, dem Speckstein oder dem Völknerit ähnlich, beobachtet. Als Gesteinsgemengtheil scheint der P. selten vorzukommen, dagegen findet er sich öfters auf secundärer Lagerstätte auf Ceylon, der Iserwiese im Riesengebirge etc. Picotit, von schwarzer Farbe und bräunlichem Strich enthält ausser den Bestandtheilen des vorigen auch Chromoxyd, kommt zuweilen als Gemengtheil von Olivinfels und Serpentin vor.

Der Hercynit von Ronsberg in Böhmen ist nach Fischer ein Gemenge von Pleonast, Magnetit etc. Der Gahnit (Automolit) ist Zinkspinell $ZnO . Al_2O_3$. In Talkschiefer bei Fahlun mit Franklinit bei Franklin. Dazu gehört auch der Dysluit von Sterling und der Kreittonit von Bodenmais.

Chrysoberyll, *Werner* (Cymophan, *Hauy*).

Rhombische Krystalle, im Gesteine eingeschlossen, oder abgerollte Stücke. Häufige Formen sind $a = (100)$, $s = (120)$, $b = (010)$, $i = (011)$, $o = (111)$, $n = (121)$, Fig. 1 u. 2. Winkel $(110) = 50° 22'$, W. $(120) = 86° 27'$. Wichtig ist der



W. $ii = (011) = 60° 14'$. Die Fläche a ist immer vertical gerieft. Zwillingsbildungen sind sehr gewöhnlich nach dem Gesetze: 031 die Zwillingsebene. Die Wendezwillinge, bestehend aus Individuen in drei Stellungen, haben, wofern kein einspringender Winkel erkennbar ist, völlig das Ansehen hexagonaler Krystalle. Spaltb. deutlich nach b, undeutlich nach a, Bruch muschelig, H. $= 8·5$. Glas-

glanz, im Bruche fast Fettglanz, durchsichtig bis durchscheinend. Grünlichweiss, spargelgrün, olivengrün, grasgrün, öfters mit schönem Pleochroismus. A. E. parallel *b*, die erste Mittellinie ist parallel der aufrechten Axe, positiv, Axenw. 28°. G. = 3·65 bis 3·8.

Chem. Zus.: $BeO \cdot Al_2O_3$ entsprechend 19·8 Beryllerde und 80·2 Thonerde, doch immer mit einem geringen Eisengehalte. Ebelmen hat Krystalle auch dieser Verbindung dargestellt.

Der spargelgrüne Ch. aus Brasilien und Ceylon wird lose im Sande gefunden. In jenem aus Brasilien beobachtete Brewster Einschlüsse einer stark ausdehnsamen Flüssigkeit in schichtenförmiger Anordnung. Der bläuliche Lichtschein, den viele Exemplare zeigen, dürfte von feinen parallel der *c*-Axe gestreckten Kanälen herrühren. Solche Steine werden, mugelig geschnitten, gern als Schmuckstein getragen. Sie haben Aehnlichkeit mit dem Katzenauge, aber zeigen einen schöneren wogenden Schein (κῦμα, Woge, daher Cymophan). Die gelbgrünen, im Gneiss von Marschendorf in Mähren vorkommenden Krystalle zeigen oft die Zwillingsbildung. Bei Takowaja im Ural finden sich Wendezwillinge wie in Fig. 3 (Alexandrit), im auffallenden Lichte smaragdgrün bis grasgrün, im durchfallenden, besonders im Kerzenlichte, colombinroth. Bei Haddam in Connecticut trifft man ähnliche Drillinge im Granit.

Der Ch. ist krystallographisch ganz verschieden von den Mineralen der Spinellgruppe, obgleich die chem. Zus. eine analoge ist. Dagegen stimmt er, wie G. Rose zeigte, in der Form nahezu mit Olivin überein, welcher blos atomistische Gleichartigkeit darbietet.

Chrysoberyll	$BeAl_2O_4$	(110) = 50° 22′	(011) = 60° 14′	Spaltb. 010, auch 100
Olivin	Mg_2SiO_4	49° 58′	60° 48′	„ „ „ „

2. Ordnung: Borate.

Minerale von geringer Verbreitung. Die wasserfreien sind von grösserer Härte (5 bis 8), die wasserhaltigen aber weich (H. nur bis 3·5). Nach dem Auflösen oder Aufschliessen geben alle eine deutliche Reaction auf Bor (pag. 224). Die chemische Zusammensetzung ist öfters complicirt, weil nur wenige Gattungen sich als normale Salze der Borsäure HBO_2 darstellen (Typus I), die meisten hingegen von partiellen Anhydriden (pag. 240) abzuleiten sind. Sowie sich aus $2\,HBO_2$ durch Verlust von H_2O das Anhydrid B_2O_3 ableitet, so ergibt sich

aus $4\,HBO_2 - H_2O$ die Säure $H_2B_4O_7$ als II. Typus
„ $6\,HBO_2 - H_2O$ „ „ $H_4B_6O_{11}$ „ III. „
„ $8\,HBO_2 - H_2O$ „ „ $H_6B_8O_{15}$ „ IV. „ etc.

a) Wasserfreie Borate.

Boracit, *Werner*.

Gegenwärtig in theoretischer Beziehung eines der interessantesten Minerale. Krystalle einzeln, selten in Gruppen, schwebend gebildet, von anscheinend tesseraler Form, der tetraëdrischen Abtheilung entsprechend. Die Flächen *o* glatt,

die des anderen Tetraëders o' ziemlich matt oder uneben. $a = (100)$, $d = (110)$ sind gewöhnlich, Fig. 1, 2, 3; andere wie $\varkappa (211)$, $\varkappa (531)$ sind seltener.

Die Form der Aetzfiguren, der zuweilen erkennbaren Subindividuen und das optische Verhalten zeigen übereinstimmend, dass die Krystalle mimetische seien, was zuerst von Mallard behauptet wurde.

Jeder Krystall besteht aus vielen optisch zweiaxigen Individuen nach dem Gesetze, dass Ebenen, welche bei tesseraler Auffassung mit (110) zu bezeichnen sind, als Zwillingsebenen fungiren. Im einfachsten Falle ist jede Fläche des Rhombendodekaëders Fig. 4 zugleich die Endigung eines einfachen Krystalls, daher deren 12 vom Mittelpunkte des Sammelkrystalls ausstrahlen. In jedem ist die A. E. parallel der längeren Rhombendiagonale und die negative Mittellinie

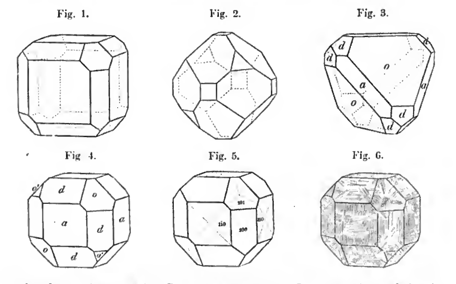


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.
Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

senkrecht zur Aussenfläche. Das Krystallsystem der Individuen kann als hemimorph-rhombisch oder als monoklin gedeutet werden. Dann wird $d = (100)$, $a = (110)$, $o = (101)$, $o' = (10\bar{1})$. S. Fig. 5. In der Regel bestehen die Boracitkrystalle zum grösseren Theil aus dünnen Lamellen, die parallel einer Fläche d oder auch parallel einer Fläche o gestreckt sind, immer aber jene 6 Orientirungen zeigen, welche obigem Gesetze entsprechen. Fig. 6 zeigt an, in welcher Art die äusseren Flächen von jenen Lamellen geschnitten werden.

Durch Erhitzen werden, wie Klein und Mallard beobachteten, vielfach Umstellungen hervorgerufen. Manche Lamellen verschwinden, andere bilden sich, jedoch immer in den bezeichneten 6 Stellungen. Bei 265° wird die Platte einfachbrechend. (S. pag. 204 und 205.)

Spaltb. nicht bemerkbar, Bruch muschelig. H. = 7. Glasglanz, in den Diamantglanz geneigt, durchsichtig bis trübe, farblos oder weiss, grünlich, gelblich, graulich. Durch Erwärmung wird der B. polar elektrisch, wobei sich o und o' entgegengesetzt verhalten. G. = 2·9 bis 3.

Digitized by Google

Chem. Zus.: $Cl_2 Mg_7 B_{16} O_{30}$, entsprechend 26·9 Magnesia, 10·6 Chlormagnesium und 62·5 Borsäure. Ein geringer Gehalt an Wasser, Eisen, Calcinm wird öfters gefunden. Die Formel erklärt sich durch Ableitung von Typns IV, indem der Wasserstoff in 2 Mol. $H_6 B_8 O_{15}$ durch Mg_5 und durch zweimal Cl Mg ersetzt gedacht wird. V. d. L. schmilzt der B. schwer unter Aufwallen zur Perle, die heiss klar, kalt aber trüh erscheint und faserig ist. Durch Salzsäure wird das Pulver langsam gelöst. Die künstliche Darstellung von Krystallen derselben Zusammensetzung wie Boracit gelang Heintz durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile.

Bei der Verwitternng nimmt der B. Wasser auf und wird faserig. Die Fasern gehen vom Centrum aus und ordnen sich nach 12 Systemen den früher genannten Individuen entsprechend (Parasit Volger's).

Der B. findet sich in der Form der heschriehenen Krystalle in Gyps und Anhydrit eingeschlossen bei Lüneburg und Segeberg, im Carnallit bei Stassfurt, in strahligen Knollen als Stassfurtit in der Carnallitregion des Stassfurter Salzlagers. Die Substanz des B. rührt also aus dem Meerwasser her.

Der Rhodicit Rose's mit H. = 8, aber gleicher Form wie Boracit, ist vielleicht Fluorboracit.

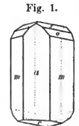
Der Ludwigit Tschermak's von Morawitza, schwarzgrün, faserig mit H. = 5, ist $3 MgO . FeO . Fe_2O_6 . B_2O_3$.

b) Wasserhaltige Borate.

Tinkal, *Hausmann* (Borax).

Monoklin, gewöhnlich die Formen $a = (100)$, $m = (110)$, $b = (010)$, $s = (11\bar{1})$, $o = (22\bar{1})$ zeigend. Winkel $(110) = 87°0'$, $cm = 78°40'$, $oo' = 83°20'$. A. V. $= 1·0977 : 1 : 0·5894$, $\beta = 73°25'$. Die Form hat Aehnlichkeit mit der des Augits. In beistehender Figur ist dieselbe so gezeichnet, dass $\bar{1}00$ vorn und $c = 00\bar{1}$ unten erscheint. Fettglänzend, durchsichtig, farblos oder graulich. Platten parallel zu *b* geschnitten, zeigen sehr schön die Erscheinung der gedrehten Dispersion. Die erste, negative Mittellinie ist nämlich parallel der *b*-Axe, und es sind 100. c = 145°26′ (roth), 144°42′ (grün). A. W. = 59°23′ (gelb). Der T. ist im Wasser löslich, 1 Theil in 14 Theilen, und hat einen süsslich-alkalischen Geschmack.

Fig. 1.



Chem. Zus.: $Na_2 B_4 O_7 + 10 H_2 O$, nach dem II. Typus mit 16·2 Natron, 36·7 Borsäure, 47·1 Wasser. V. d. L. bläht er sich stark auf, bewirkt eine gelbe Flammenfärbung, schmilzt zur durchsichtigen Perle.

Der T. bildet sich an den Rändern von Seen in Tibet, welche in der Mitte auch Steinsalz ahsetzen. Von dort kam das rohe, oft verunreinigte, daher fettig anzufühlende Salz zuerst unter dem Namen T. nach Europa. In einigen kleinen Seen Californiens wird er auch angetroffen, besonders in grossen Krystallen im Schlamm des seichten Cleare-Sees. Die künstliche Darstellung aus der natürlich vorkommenden Borsäure wird an den Soffioni in Toscana ausgeführt. Dort fand Bechi auch ein Salz mit $6 H_2O$ Krystallwasser. Der künstliche rhomboëdrische Borax hat nur $5 H_2O$.

Digitized by Google

Die technische Verwendung ist eine mehrseitige: Zum Löthen, zu Gläsern, Glasurmassen, Firnissen, als Heilmittel etc.

Der Bechilit (Borocalcit) aus Toscana ist das dem Tinkal entsprechende Calciumsalz $CaB_4O_7 + 4H_2O$.

Der Ulexit (Natroborocalcit, Boronatrocalcit, Hayesin, Tinkalcit) enthält beide Verbindungen, wurde unter dem Namen Tiza aus Peru eingeführt. Aehnlich demselben ist der Kryptomorphit, einen Kieselgehalt zeigt der Howlit (Silicoborocalcit).

Der Pandermit (Priceit) ist nach dem 3. Typus zusammengesetzt $Ca_2B_6O_{11} + 3H_2O$, ähnlich der Hydroboracit, jedoch magnesiahaltig

Szajbelyit ist ein Magnesiumborat, ebenso der Sussexit, dieser jedoch mit Mangangehalt

Der Lagonit ist ein Eisenoxydborat, der Larderellit Ammonborat.

V. Classe: Silicotype.

Dieselbe umfasst die salzartigen Verbindungen, welche sich von der Kohlensäure, Kieselsäure, Titansäure, Zirkonsäure ableiten. Es ist die umfangreichste Classe.

I. Ordnung: Carbonate.

Alle diese Minerale sind durch Behandlung mit Säure leicht als hierher gehörig erkennbar. Die Härte übersteigt niemals 4·5. Das G. reicht aber bis 6·6 hinauf.

a) Wasserhaltige und basische Carbonate.

Soda (Natron, kohlensaures Natron).

Die Krystalle der Fabriken sind monoklin. (110) = 100° 19′, 11$\bar{1}$: 1$\bar{1}\bar{1}$ = 103° 32′, β = 57° 40′. Die ursprüngliche Zus. ist $Na_2CO_3 + 10H_2O$ mit 63 Percent Wasser. An der Luft verstäuben die Krystalle rasch, und es hinterbleibt Thermonatrit $Na_2CO_4 . H_2O$. Letzteren sieht man bisweilen in rhomb. Krystallen unter dem Gemenge, welches Soda genannt wird und sich als Absatz der Natronseen in Egypten und Ostindien, als Ausblühung des Bodens in der Ebene von Debreczin findet (pag. 289). Dieses wird gereinigt in den Handel gebracht. Gegenüber der massenhaften Darstellung der künstlichen Soda aus Kochsalz haben diese Quantitäten wenig zu bedeuten. In geringen Mengen wird der mehlige Beschlag von Natroncarbonat hie und da auf Gesteinen beobachtet, auch an Vulkanen gefunden (pag. 285).

Mit der Soda und dem Thermonatrit kommt in den Absätzen der Natronseen auch ein saures Carbonat: $2Na_2O . H_2O . 3CO_2 + 3H_2O$ vor, welches in Fezzan auch für sich oberflächliche Schichten bildet und als Trona in den Handel gebracht wird. Es wird auch als Absatz eines Sees bei Merida in Columbien gefunden und Urao genannt. Ein Begleiter des letzteren ist der Gaylussit, $Na_2CO_3 . CaCO_3 + 5H_2O$, monoklin, welcher auch in Nevada gefunden wird. Diese Verbindung bildet sich auch beim Leblanc'schen Sodaprocess. Weisse, oft als Gerstenkörner bezeichnete Pseudomorphosen (Thinolith King's) welche sich in Nevada, bei Sangerhausen in Thüringen, in Schleswig etc. finden und aus $CaCO_3$ bestehen, werden von vielen Mineralogen von Gaylussit abgeleitet.

Zu den basischen Carbonaten gehört der Hydromagnesit $2MgCO_3 . H_2Mg_2CO_5 + 3H_2O$, der öfters im Serpentin vorkommt. Der Hydrodolomit (Hydromagnocalcit) und der Lan-

casterit scheinen Gemenge zu sein. Der Lanthanit, früher Hydrocerit genannt, ist wasserhell, Lanthancarbonat.

Der Dawsonit, weiss, strahlig, H = 3, G = 2·4, ist $Na_2O . Al_2O_3 . 2 CO_2 . 2 H_2O$. Montreal in Canada, Pian Castagnaio in Toscana.

Zinkblüthe, *Karsten* (Hydrozinkit, *Kenngott*).

Ein weisses bis gelbliches, dichtes oder erdiges Mineral, welches oft schalige Ueberzüge, Stalaktiten, oder löcherige Massen bildet, an der Oberfläche oft nierförmige Gestalten zeigt. H. = 2 .. 2·5. Im Striche glänzend. Ist basisches Zinkcarbonat von wechselnder Zusammensetzung. Mit Galmei, Zinkspath, bei Bleiberg und Raibl in Kärnten, Santander in Spanien, Iglesias auf Sardinien. Bei Raibl auch als gegenwärtig fortdauernde stalaktitische Bildung.

Als basische Carbonate, welche Zink und Kupfer enthalten, sind anzuführen der spangrüne Aurichalcit (Messingblüthe), der Buratit.

Malachit, *Wallerius.*

Gewöhnlich faserig bis dicht, mit nierförmiger oder traubiger Oberfläche oder auch in stalaktitischen Formen, blätterig, erdig. Selten krystallisirt in monoklinen, säulenförmigen, einfachen Krystallen oder Zwillingen. Winkel (110) = 75° 40′, β = 61° 50′. Spaltb. nach 001 und 010 vollk. H. = 3·5 .. 4. Diamantglanz, Glasglanz, Seidenglanz. Wenig durchsichtig bis trübe. Farbe smaragdgrün bis spangrün, Strich gleichfarbig heller. G. = 3·7 bis 4·1.

Fig. 1.

Chem. Zus.: $H_2 Cu_2 CO_5$, ein einfaches basisches Salz (s. pag. 242), entsprechend 72 Kupferoxyd, 19·9 Kohlensänre, 8·1 Wasser. Im Kolben liefert er Wasser und wird schwarz, v. d. L. auf Kohle schmilzt er und gibt Kupfer, durch Säuren unter Brausen auflöslich, auch durch Ammon.

Der M. ist ein häufiges Verwitterungsproduct kupferhaltiger Minerale, wie schon sein Auftreten im Ausgehenden der Kupferlagerstätten zeigt. War Kupferkies das ursprüngliche Mineral, so ist der M. von Branneisenerz oder Knpferpecherz begleitet. Man kennt schöne Pseudomorphosen nach Kupferglanz (Redruth, Eisleben), nach Fahlerz (Bieber), nach Cuprit (Chessy), nach Atacamit (Bogoslowsk). Sehr häufig sind jene nach Azurit (Chessy, Moldawa, Ural), auch die nach gediegenem Kupfer ist bekannt. Diesen entspricht die Erscheinung, dass alte Knpfermünzen und antike Bronzegegenstände mit einem grünen Rost (Aerugo nobilis) überzogen erscheinen, welcher die ursprüngliche Oberfläche in aller Feinheit der Zeichnung erhalten zeigt. Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Calcit, Cerussit etc. wurden beobachtet.

Die grössten Massen des glaskopfartigen M. fanden sich im Ural. Die Sammlung des Bergcorps in Petersburg erhielt ein Stück von 1500 Kilogr. Gewicht im Schätzungswerthe von 525.000 Rubel. Wegen der prächtigen Farbe und der Politurfähigkeit wird der M. zu Decorations-Gegenständen verwendet. Tischplatten, Vasen, Dosen etc. werden damit belegt, auch Sänlen der Isaakskirche in Petersburg wurden damit inkrustirt. Jetzt liefert nur noch Medno

Rudniansk bei Nischne Tagilsk derlei Fournirplatten. Die minderen Sorten des M. werden dort gepulvert zum Häuseranstrich verwendet.

Krystalle kommen von Dillenburg und Betzdorf bei Siegen, blätteriger Malachit von dort, sowie von Moldawa, Linares etc., dichter wurde bei Schwaz in Tirol gefunden u. s. w.

Kalkmalachit ist Malachit mit Gyps, Mysorin ebenfalls unreiner Malachit. Atlasit ein Gemenge mit Atacamit.

Kupferlasur, *Werner* (Azurit, *Beudant*; Chessylit, *Miller*).

Sehr oft krystallisirt in monoklinen kurzen bis tafelförmigen, zuweilen auch in säulenförmigen Krystallen, häufig mit den Formen $m = (110)$, $k = (111)$ $x = (11\bar{2})$, $a = (100)$, $c = (001)$, $u = (10\bar{2})$, $l = (103)$. (Ueber die zahlreichen Formen und Comb. Zippe, Pogg. Ann. Bd. 22. Schrauf, Sitzb. Wiener Ak. Bd. 64.) Winkel $(110) = 80^{\circ}40'$, $(011) = 120^{\circ}48'$, $kk' = 73^{\circ}57'$, $km = 19^{\circ}58'$, $\beta = 87^{\circ}36'$. A. V. $= 0{\cdot}8502 : 1 : 1{\cdot}7611$. Die A. E. ist sonkrecht zur Symmetrieebene, die 1. Mittellinie liegt im spitzen Winkel β und bildet mit der a-Axe 75°.

Spaltb. (011) zieml. vollk. (110) unv. H. $= 3{\cdot}5..4$. Glasglanz. Wenig durchsichtig bis trübe, lasurblau, Strich smalteblau, daher die erdige K. diese Farbe zeigt. G. $= 3{\cdot}7$ bis $3{\cdot}8$.

Chem. Zus.: $H_2Cu_3C_2O_8$ einem basischen Carbonat entsprechend, mit 69·2 Kupfer, 25·6 Kohlensäure, 5·2 Wasser. Die Formel $(Cu\,OH)_2\,Cu\,.\,2\,CO_3$ wird von 3 Mol. H_2O_2Cu abgeleitet, worin 4 H durch 2 CO ersetzt sind (pag. 242). Das Verhalten wie bei Malachit. Krystalle von der Form und Zusammensetzung der Kupferlasur erhielt Becquerel durch Einbringen von Kreide in eine Lösung von Kupfernitrat bei gewöhnlicher Temperatur, während Senarmont bei der Einwirkung von Kalkstein auf Kupferchloridlösung bei 160° ein grünes Pulver von der Zusammensetzung des Malachits darstellte.

Fig. 1.

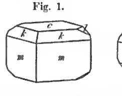
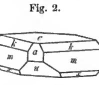


Fig. 2.



Die Kupferlasur verwandelt sich im Laufe der Zeit öfters in Malachit, wobei H_2O aufgenommen, CO_2 abgeschieden wird. Pseudomorphosen von Malachit nach K. sind häufig. Das Grünwerden des Himmels auf alten Gemälden ist nach Volger derselbe Vorgang, da man früher die K. oft als Malerfarbe verwendete.

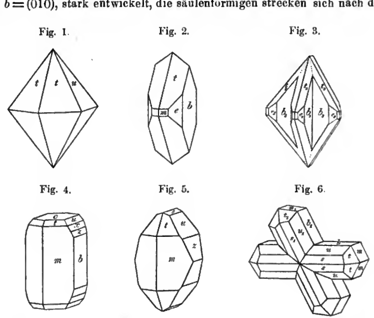
Das Vorkommen der K. ist fast dasselbe wie jenes des Malachits, doch ist sie seltener. Grosse schöne Krystalle in Drusen, auch kugelige Gruppen im Steinmark bei Chessy, kleinere Krystalle in Drusen bei Neu-Moldawa, Szászka, Dognaczka im Banat, schöne Stufen kamen von Nischne Tagilsk, von Redruth in Cornwall, von Burra-Burra in Australien, erdige K. vom Cap Garonne etc. Man kennt auch Pseudomorphosen von K. nach Cuprit und nach Fahlerz.

Der Hydrocerussit scheint zu den basischen Carbonaten zu gehören, ebenso der Bismutit (Wismuthspath) und der Bismutosphärit. Das Urankalkcarbonat, der Voglit, Liebigit sind uran- und kalkhaltig, der Wiserit manganhaltig. Hieran schliessen sich: Der Nickelsmaragd (Zaratit) und der kobalthaltige Remingtonit.

b) Normale wasserfreie Carbonate. Ueber die hierhergehörigen zwei isomorphen Reihen s. pag. 251.

Cerussit, *Haidinger* (Weissbleierz).

Die Krystalle sind rhombisch, bald säulenförmig, bald tafelförmig oder pyramidal ausgebildet. Da der Winkel (110) = 62° 46′, sich 60° nähert, so haben die letzteren oft ein hexagonales Ansehen, wie in Fig. 1, wo $t = (111)$ und $u = (021)$, und die Wendezwillinge nach (110) sind bisweilen sternförmig angeordnet, mit Individuen in drei Stellungen. Fig. 3. Die tafelförmigen Krystalle haben $b = (010)$, stark entwickelt, die säulenförmigen strecken sich nach der *c*-



oder *a*-Axe. Häufig sind ausser den vorigen Flächen auch $a = (100)$, $m = (110)$, $e = (130)$, $s = (012)$, $p = (011)$, $x = (031)$, $z = (041)$. Ausser den häufigen Zwillingen nach 110, wie in Fig. 6, kommen zuweilen auch solche nach *e* vor. (Ueber die Formen: Seligmann, Jahrb. f. Min. 1880. I. 338 und Lit. v. Kokscharoff, v. Zepharovich, Schrauf.)

Bruch muschelig. H. = 3 . . 3·5. Diamantglanz, Fettglanz. Farblos, weiss, aber auch zufällig gefärbt. Die Lichtbrechung ist sehr stark. Mittl. Brechungsq. 2·076 für Gelb. Der Winkel der opt. Axen = 18° bei gewöhnl. Temperatur (12° C.), vergrössert sich durch Erwärmen auf 95° C. um vier Grade (Descloizeaux). G. = 6·4 bis 6·6.

Chem. Zus.: $PbCO_3$, entsprechend 83·5 Bleioxyd, 16·5 Kohlensäure. V. d. L. verknistert er stark, wird gelb, verwandelt sich in Bleioxyd, auf Kohle wird er zu Blei reducirt. Durch Salpetersäure, aber auch durch Kalilauge auflöslich. Die Darstellung von Krystallen gelang Drevermann (pag. 261).

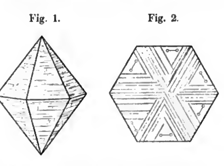
Der Cerussit wird nicht selten als Neubildung auf alten Bleiröhren etc. gefunden, in Stalaktiten sah ihn v. Dechen bei Commern in der Grube. Meistens ist er das Verwitterungsproduct von Bleiglanz, welchen er in allen seinen Vorkommen begleitet, oft auf dem zerfressenen und mulmigen Bleiglanz sitzend. Pseudomorphosen nach Bleiglanz kommen öfters vor, ebenso jene nach Anglesit, welche, wie Groth meint, oft als Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Baryt angesehen wurden.

Grosse pyramidale Krystalle werden bei Mies gefunden, sie sind Wendezwillinge. Stangenförmige mit Seidenglanz kamen ehemals von Clausthal und Zellerfeld am Harz. Schöne Krystalle, oft in reichen Drusen, kennt man von Friedrichssegen, Braubach und Ems in Nassau, von Johanngeorgenstadt, Přibram, von Leadhills, Beresowsk etc. Bei Commern folgt der C. dem Knotenerz im Sandstein, bei Vilbek in Franken zeigt er sich als Bindemittet im Sandstein, bei Jaworzno nächst Kielce als Vererzungsmittel von Encriniten.

Schwarzbleierz ist ein Gemenge von C. mit Kohle oder Bleiglanz; in der Bleierde herrschen thonige Beimengungen. Iglesiasit ist ein krystallisirter zinkhaltiger C. Zuweilen ist der Cerussit in Bleiglanz verwandelt, eine Rückkehr zum Urzustande. Die Umwandlung in Pyromorphil wird auch öfters an Pseudomorphosen erkannt.

Witherit, *Werner.*

Die rhombischen Krystalle haben immmer das Ansehen hexagonaler Pyramiden, Fig. 1, und entsprechender Combinationen. Sie sind nicht einfache Krystalle, sondern Wendezwillinge von Individuen dreier Stellungen und enthalten auch noch dünne Lamellen, entsprechend den Wiederholungszwillingen. Fig. 2 gibt einen Durchschnitt parallel 001. Winkel (110) $=62^\circ 12'$. Die Isomorphie mit Aragonit, pag. 251. Der Winkel der opt. Axen beträgt $26^\circ 30'$. Beim Erhitzen bilden sich neue Zwillingslamellen. Oft finden sich stenglige Aggregate mit kugeliger, nierförmiger traubiger Oberfläche, auch derbe Massen. H. $=3$ . . 3·5. Bruch uneben. Glasglanz, Fettglanz. Farblos, graulich, gelblich. G. $=$ 4·2 bis 4·3.


Fig. 1. Fig. 2.

Chem. Zus : $BaCO_3$, entsprechend 77·7 Baryt, 22·3 Kohlensäure. V. d. L. schmilzt er zur klaren Perle, die kalt emailartig ist. Durch verdünnte Salzsäure auflöslich.

Auf Gängen: Alston in Cumberland, Hexham und Fallowfield in Northumberland, wo er in grösseren Mengen gewonnen und für chemische Präparate, mitunter für industrielle Zwecke in den Handel gebracht wird. In Schottland als

Rattengift benutzt. Fernere Fundorte sind Dufton in Westmoreland, wo er bisweilen in Baryt umgewandelt erscheint, Peggau in Steiermark etc.

Der mit vorigem isomorphe Alstonit von Fallowfield und Alston ist $BaCO_3 . CaCO_3$. Damit heteromorph ist der monokline Barytocalcit von Alston und Langban.

Strontianit, *Sulzer.*

Rhombisch, die Krystalle gewöhnlich nadelförmig, spiessig, zu Büscheln verbunden. Isomorph mit Aragonit. Zwillingsbildungen wie bei diesem, Winkel (110) = 62°41'. Aggregate faserig oder dünnstenglig. H. = 3·5 Glasglanz. Durchscheinend bis durchsichtig, farblos, weiss, gelblich, grünlich. W. der opt. Axen 12°. G. = 3·6 bis 3·8.

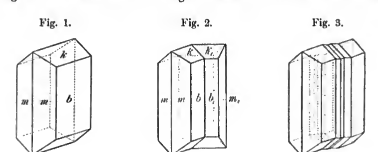
Chem. Zus.: $SrCO_3$ entspricht 70·3 Strontian, 29·7 Kohlensäure. V. d. L. bläht er sich auf, leuchtet stark, färbt die Flamme purpurroth, schmilzt aber nur an den Kanten. Durch Salzsäure leicht auflöslich.

Auf Gängen: Bei Strontian in Schottland, wo das Mineral zuerst gefunden wurde, bei Clausthal, Bräunsdorf. Bei Skotschau in Schlesien bildet er Nester im Kalkstein und erscheint hier in Pseudomorphosen nach Cölestin, bei Hamm in Westphalen bildet er Gänge im Kreidemergel. Die Formen dieses S. beschrieb Laspeyres. (S. Zeitschr. Kryst. I. 305.)

Emmonit ist kalkhaltiger Strontianit, Stromnit (Barystrontianit) ein Gemenge, das Sulfato-carbonate of Baryta (Thomson) ist Witherit mit Barytüberzug.

Aragonit, *Hauy.*

Vor Allem dadurch merkwürdig, dass er bei der Entdeckung des Dimorphismus eine so wichtige Rolle spielte (pag. 243), ausserdem durch seine Zwillingsbildung und das Räthsel seiner Bildung interessant. Als Anführer der isomorphen



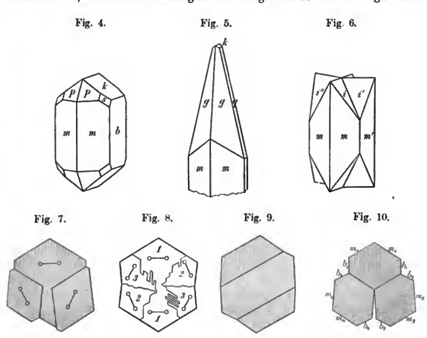
Reihe rhombischer Carbonate wurde er auch schon früher (pag. 251) genannt. Die Krystalle aus dem Gyps von Molina in Aragonien wurde zuerst bekannt.

Die einfachen Krystalle haben entweder einen prismatischen Habitus und sind nach der *c*-Axe gestreckt, wie in Fig. 1, oder zeigen spiessige Formen, wie in Fig. 5. Am häufigsten sind die Flächen $b = (010)$, $m = (110)$, $k = (011)$, $p = (111)$, $s = (121)$, $i = (021)$. An den spiessigen Krystallen treten steile Pyramiden wie $g = (9, 12, 2)$ oder (24, 24, 1), ferner Längsprismen wie $q = (061)$ oder (0, 24, 1) auf.

Wichtige Winkel sind:

$p : p' = 50^\circ 24'$ $p : m = 36^\circ 24'$ $p : k = 43^\circ 14'$
$m : m' = 63^\circ 44$ $i : b = 34^\circ 55$ $k : b = 54^\circ 13$

Die Zwillingsbildung erfolgt immer nach 110. Sie ist ungemein häufig. Der einfachste Fall, wie er an den Krystallen von Horschenz bei Bilin vorkommt, ist in Fig. 2 dargestellt. Wiederholungszwillinge wie in Fig. 3 sind aber häufig, und in den scheinbar einfachen Krystallen entdeckt man häufig feine eingeschobene Lamellen. Die Wendezwillinge, welche schon Hauy beschäftigten, zeigen Individuen in drei, auch in vier Stellungen wie in Fig. 6 bis 10. Sie haben gewöhnlich



das Ansehen von sechsseitigen Säulen. In der Oberansicht wird die Zusammenfügung deutlicher. Fig. 7 stellt einen Krystall von Herrengrund dar, die Schraffirung ist parallel der Kante *kk*. Die Lage der optischen Axen ist auch angedeutet. Die Säule hat seitlich drei Rinnen. Fig. 8 gibt die gleiche Ansicht eines Krystalls, der zweierlei Abgrenzung der Individuen zeigt. Wo diese in Zwillingsstellung sind, greifen sie mit kammförmigen Nähten in einander, wo dies nicht der Fall ist, erscheinen sie mit unebenen Zusammensetzungsflächen verbunden. Den oft sehr complicirten Bau der Zwillingsbildungen haben Senarmont auf optischem Wege, Leydolt durch Aetzversuche aufgeklärt.

H. = 3·5 . . 4, demnach grösser als beim Kalkspath, Bruch muschelig, Spaltb. und opt. Verhalten pag. 251 u. 196. Farblos, oft blass gefärbt: gelblich, rosenroth, grünlich, violett u. s. w. Die drei Brechungsq. sind für Natriumlicht 1·6859, 1·6816, 1·5301 nach Rudberg. Beim Erwärmen wird der Prismenwinkel (110)

kleiner, und zwar um $2\frac{1}{2}'$ beim Steigen der Temperatur um 100°, der W. (011) aber zugleich um $5\frac{1}{2}'$ grösser (Mitscherlich und Fizeau). G. = 2·9 bis 3. Reiner 2·92 bis 2·96 nach Kenngott.

Chem. Zus.: $Ca\,CO_3$ wie Kalkspath. Zufällige Beimischungen, früher zur Erklärung des Unterschiedes der beiden eifrig aufgesucht, sind in kleinen Mengen je nach der Bildungsweise vorhanden, z. B. Strontian, Magnesia, Eisen. Erhitzt schwillt der A. etwas auf und zerfällt zu einem gröblichen Pulver von Calcit, während daneben liegender Kalkspath kein Zerfallen zeigt. Durch Säuren wird er leicht unter Brausen aufgelöst. Die Auflösung erfolgt aber weniger rasch als beim Kalkspath.

Ueber die Entstehung des Aragonits beim Diffundiren der Kohlensäure aus einer Lösung von $Ca\,CO_3$ in kohlensäurehaltigem Wasser hat G. Rose zahlreiche Versuche gemacht. Es zeigte sich, dass aus solchen Lösungen in der Wärme gleichzeitig Aragonit und Kalkspath abgesetzt werden, dass aber der Aragonit vorwiegt. In kalten Lösungen wird nur Kalkspath gebildet. Starke Verdünnung der Lösung begünstigt die Aragonitbildung.

Der Aragonit bildet für sich kein Gestein und tritt nirgends in grösseren Massen auf, dennoch besitzt er eine starke Verbreitung.

Krystallisirt findet er sich in Hohlräumen und Spalten vulkanischer Gesteine oft mit Zeolithen. Ein schönes Beispiel ist das Vorkommen der schon genannten Krystalle im Basalte von Horschenz und an mehreren Orten im böhmischen Mittelgebirge, andere Beispiele die Drusen von Sasbach, aus der Auvergne u. a. O. Sowie hier der A. als ein Veränderungsproduct des Gesteines anzusehen ist, so erscheint er in den verwitterten Eisenspathlagerstätten als Nebenproduct der Verwitterung, da der Eisenspath immer etwas Calciumcarbonat enthält. Die Formen sind hier meist spiessige. Werfen in Salzburg, Hüttenberg in Kärnten, der Iberg am Harz und viele andere Lagerstätten liefern derlei Stufen. Oefters finden sich schöne Krystallbildungen auf Erzgängen, wie bei Leogang in Salzburg, Dognaczka im Banat, Tarnowitz in Schlesien, wo der etwas Blei enthaltende Tarnowitzit vorkommt (Fig. 6). Bei Herrengrund in Ungarn werden prächtige Drusen jener Säulen angetroffen, die öfters wie in Fig. 7 zusammengefügt sind. Manche haben einen Ueberzug von Kalkspath-Skalenoëdern und sind innen porös, andere zeigen zwar noch die Säulenform, bestehen aber ganz aus Kalkspath. Sie werden als Paramorphosen angesehen. In Spalten von Serpentin, von krystallinischen Schiefern etc. beobachtet man öfters Krystalle. An Schönheit und Grösse werden sie von jenen weit übertroffen, welche mit Schwefel in Höhlungen des Mergels bei Girgenti, Caltanisetta und anderen Punkten Siciliens gefunden werden. Das Vorkommen in Gyps von Molina und Valencia ist von allen übrigen abweichend, weil die Krystalle schwebend erscheinen.

Sinterbildungen treten in mannigfachen Gestalten auf. Tropfsteine sind nicht häufig: Antiparos, Devonshire; Ueberzüge sind jedoch sehr verbreitet. Bei Eisenerz verbindet der Sinter Bruchstücke des verwitterten Erzes. Die Eisenblüthe mit ihren weissen zackigen, ästigen Formen ist auch zum Sinter

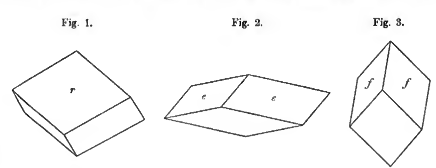
zu rechnen. Sie besteht aus feinen Nadeln, geht zuweilen in zarte spiessige Krystalle aus und hat immer verwitterte Erze, die aus Eisenspath entstanden, zur Unterlage. Die prächtigen Vorkommen von Eisenerz, auch von Hüttenberg, sind in allen Sammlungen verbreitet. Krusten von jüngerer Bildung stellt der Karlsbader Sprudelstein dar. Er ist häufig parallel-schalig mit dazu senkrechter Faserung, oft durch Eisenoxyd gefärbt. Der Erbsenstein ist eine zugehörige eigenthümliche Bildung (pag. 290). Die heissen Quellen von Karlsbad, Nauheim, Wiesbaden etc. setzen auch jetzt noch Aragonitsinter ab.

Als Umwandlungsproduct erscheint der A. im Schaumkalk, der ein weisses, blätteriges, lockeres Aggregat bildet. Nach G. Rose ist derselbe aus Gyps hervorgegangen (pag. 123 u. 299). Gera, Hettstädt, Lauterberg a. Harz.

Als organische Bildung ist der A. stark verbreitet. Die Perlmutterschichte der Flussmuschel (Unio), die Schale der Gattung Pinna u. s. w. geben im Polarisations-Instrumente das Axenbild des Aragonits. Die feinen Prismen müssen demnach krystallographisch parallel gelagert sein. G. Rose hat in den Gehäusen vieler Schalthiere die Gegenwart des A. erkannt. Aber auch in den fossilen Ueberresten jener Thiere bleibt oft der Aragonit erhalten. In den älteren Kalksteinbildungen scheint er wenig mehr vorzukommen. Er ist zu Kalkspath umgestanden. (Ueb. d. Formen: Zepharovich, Sitzb. d. Wiener Ak. 1875, Bd. 71. Die Arbeiten G. Rose's in den Abhandl. d. Berliner Ak. 1856, 1859, 1860.)

Kalkspath (Calcit, *Haidinger*).

In wissenschaftlicher Beziehung die wichtigste Mineralgattung. Die Auffindung der krystallographischen Grundgesetze und die Entdeckung der doppelten Strahlenbrechung sind an Arten des krystallisirten Kalkspathes geknüpft, unge-

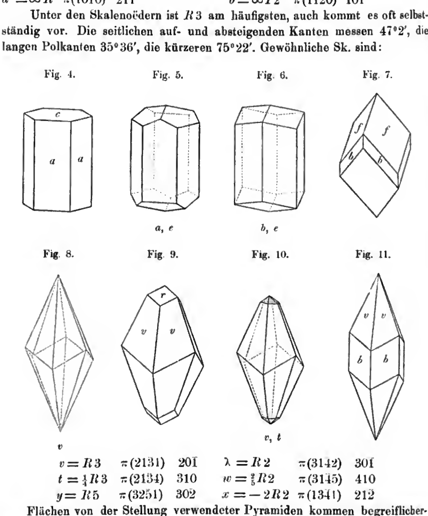


mein viele und mannigfache Beobachtungen von allgemeiner Bedeutung an diese und andere Arten derselben Gattung. „Die Geschichte des Kalkspathes ist die Geschichte der Mineralogie.“

Die Formen sind das Muster für die rhomboëdrische Krystallisation. Die Grundform ist das Spaltungsrhomboëder r von 74° 55′, doch kommt dasselbe für sich nicht häufig vor. Die gewöhnlich auftretenden Flächen sind vielmehr $a = \infty R$, $e = -\frac{1}{2}R$, $v = R3$. Für mehrere häufigere Formen hat man:

Naum.	Wh.	Miller		Naum.	Wh.	Miller	
$r = R$	$\pi(10\bar{1}1)$	100 mit	74°55′	$c = -\frac{1}{2}R$	$\pi(01\bar{1}2)$	011 mit	45° 3′
$m = 4R$	$\pi(40\bar{4}1)$	$31\bar{1}$ „	114°10′	$h = -\frac{3}{2}R$	$\pi(03\bar{3}2)$	$\bar{4}55$ „	91°42′
$i = 13R$	$\pi(13,0,\overline{13},1)$	$44\bar{9}$ „	119°24′	$f = -2R$	$\pi(02\bar{2}1)$	$\bar{1}11$ „	101° 9′
$a = \infty R$	$\pi(10\bar{1}0)$	$2\bar{1}\bar{1}$		$b = \infty P2$	$\pi(11\bar{2}0)$	$10\bar{1}$	

Unter den Skalenoëdern ist $R3$ am häufigsten, auch kommt es oft selbstständig vor. Die seitlichen auf- und absteigenden Kanten messen 47°2′, die langen Polkanten 35°36′, die kürzeren 75°22′. Gewöhnliche Sk. sind:



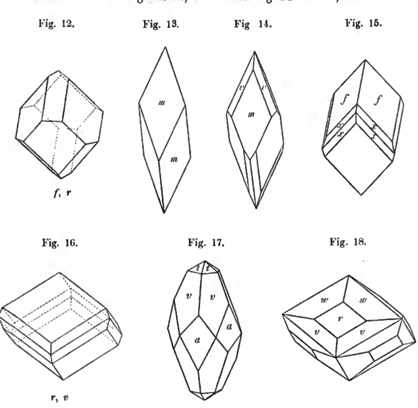
$v = R3$	$\pi(21\bar{3}1)$	$20\bar{1}$	$\lambda = R2$	$\pi(31\bar{4}2)$	$30\bar{1}$
$t = \frac{1}{4}R3$	$\pi(21\bar{3}4)$	310	$w = \frac{2}{5}R2$	$\pi(31\bar{4}5)$	410
$y = R5$	$\pi(32\bar{5}1)$	$30\bar{2}$	$x = -2R2$	$\pi(13\bar{4}1)$	$21\bar{2}$

Flächen von der Stellung verwendeter Pyramiden kommen begreiflicherweise ziemlich selten vor, da sie ganz specielle Fälle von Skalenoëdern sind.

Die Mannigfaltigkeit der Formen ist eine riesige. Auch in dieser Beziehung nimmt der Kalkspath im Steinreiche die erste Stellung ein. Zippe gab im J. 1850 die Zahl der bekannten Combinationen auf ungefähr 700, die Zahl der einfachen Formen auf etwa 136 an, Descloizeaux im Jahre 1874 die letztere Zahl auf 170; Irby zählt 1878 in einer kritischen Uebersicht der sicher bekannten Formen 50 Rhomboëder und 155 Skalenoëder auf.

Digitized by Google

Unter den Zwillingsbildungen sind jene nach $-\frac{1}{2}R$ die gewöhnlichsten (Fig. 24), da sich die vielfache Wiederholung an allen körnigen Aggregaten erkennen lässt, und u. d. M. viele Individuen von einem Lamellensystem oder von einem Gitter derselben durchzogen erscheinen. Inostranzeff hat auf dieses mikroskopische Merkmal zur Unterscheidung vom Dolomit aufmerksam gemacht. Dieselbe Zwillingsbildung veranlasst nach G. Rose das Vorkommen von hohlen Canälen im Doppelspath (Abhandlungen d. Berl. Ak. 1868). Zwillinge, in welchen die Normale zu $0R$ Zwillingsaxe ist, wie in den Fig. 22 und 23, sind auch nicht



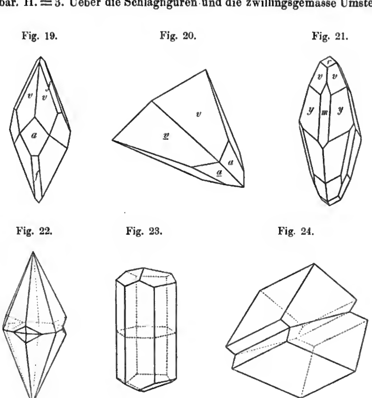
selten, dagegen sind andere Zwillingsgesetze, nämlich nach R (Fig. 20) oder $2R$ seltener ausgesprochen [1]). Ueber Kernkrystalle pag. 105.

[1]) Ueber die Formen des K. hat schon Bournon in seinem Traité complet de la chaux carbonatée 1808 ein umfangreiches Werk veröffentlicht. Zippe gab in den Denkschriften der k. Akad. zu Wien 1851, Bd. 3, eine sehr vollständige Uebersicht. Descloizeaux stellte in seinem Manuel der Mineralogie T. II (1874) die bis dahin beschriebenen Formen sorgfältig zusammen. Irby lieferte in seiner Dissertation: On the Crystallography of Calcite, Bonn 1878, eine kritische Aufzählung der bekannten einfachen Formen und deren Winkeldimensionen. In diesen Werken ist auch die Literatur bezüglich der von Hauy, Weiss, Sella, Hessenberg, v. Rath u. A. entdeckten Formen angeführt.

Digitized by Google

Die Flächen von $e = -\frac{1}{2}R$, von $v = R3$ und von $b = \infty P2$ sind parallel der Combinationskante mit $r = R$ gerieft; $0R$ ist gewöhnlich matt oder rauh und zeigt öfters einen Perlmutterglanz in Folge einer Zusammensetzung parallel dieser Fläche. Eine Schaligkeit nach e ist auch öfters wahrzunehmen. Die parallele Verwachsung und Gruppirung der Krystalle liefern mannigfache, treppenförmige staudenförmige, rosettenförmige und viele andere Gestaltungen.

Spaltb. nach r sehr vollk., daher nur selten der muschelige Bruch wahrnehmbar. H. = 3. Ueber die Schlagfiguren und die zwillingsgemässe Umstellung



dor Theilchen pag. 131, über die Härte nach verschiedenen Richtungen pag. 137, Aetzfiguron pag. 140, Lichtfiguren pag. 145, Doppelbrechung pag. 151, Ausdehnung durch die Wärme pag. 204, Elektricität pag. 208, Magnetismus pag. 211. Der K. ist oft farblos oder weiss, doch sind graue, gelbe, grüne, rothe, braune Farben häufig, auch blaue und schwarze K. kommen vor. Glasglanz, auf den Bruchflächen in den Fettglanz geneigt. G. = 2·6 bis 2·8, für ganz reinen K. 2·72.

Chem. Zus.: $Ca\,CO_3$, entsprechend 56 Kalk und 44 Kohlensäure, öfters mit Beimischungen der isomorphen Carbonate von Mg, Fe, Mn, auch mit fremden Beimengungen. V. d. L. unschmelzbar, beim Glühen zeigt er starkes Leuchten, verwandelt sich in Calciumoxyd (Aetzkalk). Durch Säuren wird er schon bei

gewöhnlicher Temperatur unter starkem Aufbrausen gelöst. Die Löslichkeit in kohlensäurehältigem Wasser pag. 286.

Durch Verdunsten von Lösungen des Calciumcarbonates in kohlensaurem Wasser wird nach G. Rose's Beobachtungen (s. beim Aragonit) das Carbonat vorzugsweise in der Form des Grundrhomboëders abgeschieden. Zuweilen sind die Kryställchen messbar. Ist die Lösung nicht rein, sondern enthält sie auch andere Substanzen, so bilden sich nach Credner mancherlei Combinationen. So erklärt sich das seltene Vorkommen des Rhomboëders *R*, da reine Lösungen ungewöhnlich sind. Der K. ist der Anführer der isomorphen rhomboëdrischen Carbonate pag. 251.

Die Zahl der Arten ist sehr gross. Dieselben können in Abtheilungen gebracht werden.

1. Krystallisirter K.

Die sehr mannigfaltigen Krystallisationen zeigen bald einen rhomboëdrischen, bald einen mehr skalenoëdrischen oder einen säuligen bis tafelförmigen Typus. Die Krystalle sind mit wenigen Ausnahmen sitzend gebildet. Bei gleicher Paragenese treten auch dieselben Combinationen auf, so dass der Geübte aus der Form auf die Begleitung und das Vorkommen schliessen kann.

Schöne Krystalle finden sich öfters in den rundlichen Hohlräumen der Eruptivgesteine. Hierher gehört die wichtigste Art, der isländische Doppelspath, welcher bei Helgastad unweit des Eskifjord auf Island in einem Hohlraum von circa 12 Meter Länge und 5 Meter Breite in schwärzlichem Mandelstein gefunden wurde. Der klare Krystallblock hat Spalten, die von Desminkrystallen ausgekleidet sind. Der Doppelspath zeigt das Grundrhomboëder *r*, ferner die Combination *v*, *w*, *r* in Fig. 18 u. a. m.

Dies ist das einzige bisher bekannte Vorkommen von grossen, klaren Individuen und liefert demnach alles Material für optische Zwecke. In Spalten krystallinischer Gesteine kommen verwandte Arten vor. Jene im Granit und Gneiss sind von Albit, Quarz, Epidot etc. begleitet. Eine besondere Art bilden Krystalle mit vorherrschender Basis, welche von Adular überkleidet erscheinen, aus dem Rauris, vom Gotthard etc.

Auf Gängen ist der krystallisirte Kalkspath eine weitverbreitete Erscheinung, auf den sulfidischen Erzgängen wird er besonders häufig angetroffen. Sehr mannigfaltig sind die Vorkommen auf den Gängen im Harz, besonders bei Andreasberg, ebenso auf jenen in Cornwall, Derbyshire. Combinationen aller drei Typen, darunter auch langsäulenförmige (Kanonenspathe) und dünntafelige (Papierdrusen) werden hier beobachtet. Auf den Přibramer Gängen zeigt sich ebenfalls grosser Formenreichthum. Das flache Rhomboëder *e*, Fig. 2, ist oft für sich ausgebildet, bisweilen mit einem dornförmigen Fortsatz in der Hauptaxe (Zweckenspath). Die Gänge von Freiberg, Bräunsdorf, Annaberg, Kapnik, Schemnitz u. s. w. lieferten und liefern schöne Drusen mit bunter Abwechslung der Formen. Die Bleiglanzlagerstätten im Kalkstein bieten öfters charakteristische Bildungen, z. B. jene bei Hüttenberg, Zorge am Harz, die Manganerzlagerstätten bei Ilefeld, am Iberg etc.

Digitized by Google

Die Trümer im Kalkstein, Mergel, Sandstein sind auch öfters drusig. Hier sind die Formen meist einfacher. Bekannt ist das Vorkommen mit dem Grundrhomboëder von Poretta bei Bologna.

Schwebend gebildete Rhomboëder — $2R$, mit reichem Sandeinschluss, wurden im Sande von Fontaineblau bei Paris, von Brilon in Westphalen, Sievring bei Wien etc. gefunden. Der beigemischte Sand beträgt öfters bis 80 Percent. Skalenoëder $R3$ im blättrigen Gyps schwebend, kennt man von Lockport in New-York.

2. Krystallinischer Kalkspath.

Hierher werden alle Bildungen von beschränkter Ausdehnung gerechnet, im Gegensatze zu den ausgedehnten Gesteinsmassen. Die einen sind Sinterbildungen, welche in den Kalksteinhöhlen als Tropfsteine und Ueberzüge auftreten und deren Entstehung schon pag. 290 besprochen wurde. Dazu ist auch der Faserkalk zu rechnen, von dem geeignete Exemplare als Atlasspath (satin spar) verschliffen werden, ebenso der orientalische Alabaster aus Egypten, der Marmor von Oran, der Onyxmarmor von Tecali in Mexico, welche für Gewandstatuen, Altäre etc. verwendet werden. Aehnlich wie der Aragonit bildet auch der Kalkspath bisweilen Pisolithe (Erbsenstein). Solche sind von Laibach, Ofen, Vichy bekannt. In Kalkhöhlen und Spalten bildet sich bei rascher Diffusion der Kohlensäure nicht selten ein zartes, weisses Mehl oder Pulver, die Bergmilch, das Bergmehl, welches u. d. M. theils einzelne Rhomboëder R, theils Stäbchen zeigt, welche Aggregate solcher Rhomboëder sind.

Zu den besonderen Bildungen gehört der Schieferspath von Triebsch in Böhmen, Schwarzenberg in Sachsen, aus Cornwall, der eine feinschalige Zusammensetzung zeigt, der Nagelkalk und Tutenmergel von Schonen, Hildesheim, Quedlinburg und vielen anderen Orten. Er ist krystallinisch und zeigt nagel- und pilzförmige Gestalten, welche in Platten von Mergel-Kalkstein eingesenkt erscheinen. Organismen veranlassen auch öfters deutlich krystallinische Textur, besonders deutlich im Radiatenkalk mit seinen schwach fettglänzenden Spaltflächen, der als Abkömmling von Enkriniten, Cidariten etc. leicht zu erkennen ist, oder in dem faserigen Kalkspath der Belemniten, pag. 125. In den fossilen Muschelschalen ist der Kalkspath in paralleler Stellung der Individuen optisch öfter nachweisbar. In dem irisirenden Muschelmarmor von Bleiberg zeigen die perlmutterglänzenden Schalen des Ammonites floridus das Kalkspathkreuz, während die nebenliegenden Bivalven das Axenbild des Aragonits liefern.

Oft werden secundäre Bildungen gefunden. Hierher gehören die schon früher, pag. 424, erwähnten Paramorphosen nach Aragonit, die am Montmartre bei Paris vorkommenden Umwandlungs-Pseudomorphosen nach Gyps, welche die Parallele zum Schaumkalk darbieten, jene nach Fluorit von Schwarzenberg in Sachsen, die beim Gaylussit erwähnten Gerstenkörner etc. Ungemein häufig trifft man den Kalkspath als Umwandlungsproduct kalkhaltiger Silicate. So z. B. sind die Ueberreste von Plagioklas, Augit, Skapolith, Apophyllit oft reich an Kalkspath. Bisweilen zeigt sich Kalkspath als Verdränger, z. B. nach

Baryt bei Příbram. Eine merkwürdige Bildung ist der oft blauliche Kalkspath der Contactlagerstätten, pag. 274.

Wegen der hänfigen Entstehung aus kalkhaltigen Silicaten ist K. so allgemein in den zersetzten Eruptivgesteinen als feine Imprägnation verbreitet, aber auch in den sedimentären kieseligen Felsarten ist er meistens in feiner Vertheilung vorhanden. Im Thon und Mergel sammelt er sich oft in concretionären Bildnngen, pag. 117. In Gestalt schmaler bis breiter Trümer, krystallinischer Knötchen oder Nester u. s. w. ist der K. in vielem Gestein verbreitet.

3. Kalkstein.

Im Bereiche der krystallinischen Schiefer treten Lager, Linsen nnd Stöcke auf, die aus deutlich krystallinischem Kalkspath bestehen, aber oft Beimengungen enthalten. Sie werden als körniger Kalkstein bezeichnet. Ist die Farbe rein weiss, so hat man einen weissen Marmor, der bei kleinem Korn für Sculpturen verwendet werden kann. Im Alterthum war der Marmor von Paros der berühmteste: Die Statuen der Venus von Milo, jener vom Capitol, der mediceischen Venus sind in diesem Stein ausgeführt. Der pentelische Marmor ist schon etwas grau. Gegenwärtig steht der Marmor von Carrara obenan. Die Brüche sind schon seit 2000 Jahren in Betrieb. Der Marmor von Schlanders in Tirol wird gegenwärtig ebenso benutzt. Im körnigen Kalkstein finden sich häufig Silicate verschiedener Art eingeschlossen, besonders häufig an den Stellen des Contactes mit massigem Silicatgestein (s. pag. 274).

Unter dem Begriff des dichten Kalksteines fasst man alle übrigen aus Kalkspath bestehenden Felsarten znsammen. Der gewöhnliche dichte Kalkstein bildet oft Gebirgsketten von enormer Höhe, z. B. im Norden und im Süden der centralen, zumeist ans krystallinischen Schiefern bestehenden Alpenkette, überdies ist derselbe allenthalben im Bereiche der sedimentären Gebilde in Schichten von grösserer oder geringerer Mächtigkeit verbreitet. Der Kalkspath ist das einzige Mineral, welches für sich allein Gebirge von kolossalen Dimensionen zusammensetzt. Der Bildung nach unterscheidet man zoogene nnd phytogene Meereskalke, ferner Süsswasserkalksteine, s. pag. 295. Bisweilen haben die Kalksteine besondere Texturen, wonach man dieselben als Oolithe oder Rogensteine bezeichnet.

Manche K. enthalten Dolomit als merkliche oder unmerkliche Beimengung: dolomitische Kalksteine, andere sind mit Kieselerde gemischt: Kieselkalk, noch andere sind durch einen Gehalt an Brauneisenerz gelb bis braun oder durch einen Gehalt an Rotheisenerz roth gefärbt (Siderokonit und Hämatokonit Hausmann's). Eine Beimischnng von bituminösen Snbstanzen bringt öfters eine gelbgraue Färbung und beim Reiben nnd Schlagen einen unangenehmen Geruch hervor: Stinkkalk. Kohlige Beimengungen verursachen eine schwarze Färbung. Bei körniger Ausbildung erhalten solche Vorkommen den Namen Anthrakonit. Die schönfarbigen, dichten Kalksteine werden als farbiger Marmor in der Architektur verwendet und auch sonst für decorative Zwecke verarbeitet. Durch eine Beimengnng von Thon entsteht der Mergelkalkstein. Dazn gehört der

Ruinenmarmor, der seine Zeichnung sowohl dem Brauneisenerz verdankt, welches durch Verwitterung des beigemengten Eisenspathes entstanden ist, als auch feinen Kalkspathtrümern, welche die Tagewässer nur ungleich eindringen liessen. Eine reichere Beimischnng von Thon gibt den Mergel.

Als Kalktuff bezeichnet man löcherige Kalksteine, die häufig noch die Form der incrustirten Sumpfmoose, Schilfstengel, Laubblätter erkennen lassen. Ihre Bildung kann man an vielen Orten beobachten (pag. 295). Jene von mehr compacter Beschaffenheit werden in Italien Travertin genannt. Es ist der Lapis tiburtinus der Alten. Verschieden davon ist der immer nur oberflächlich in geringer Menge vorkommende Zellenkalk, der seine Form einer ungleich fortschreitenden Auflösung durch kohlensäurehaltige Wässer verdankt (pag. 286).

Die Kreide ist erdig, oft zerreiblich. Sie enthält nach Ehrenberg viele Reste von Foraminiferen etc. Man unterscheidet davon den festeren Kreidetuff und die glaukonitische Kreide.

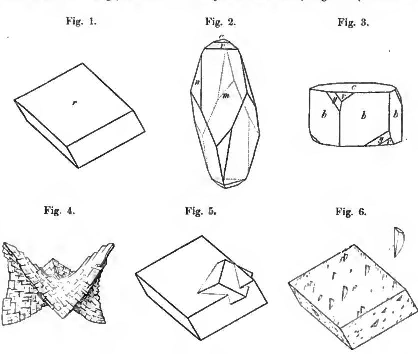
Viele Kalksteine geben ein gutes Baumaterial, sehr beliebt sind Kalktuffe, die sich leicht durch Sägen in geeignete Formen bringen lassen, ebenso die mit organischen Resten erfüllten porösen jüngeren Ablagerungen. Dickplattige Mergelkalksteine dienen als lithographische Steine, besonders jene von Solenhofen in Baiern, dünnplattige geben Bodenfliesen (Kehlheimer Platten). Viele Kalksteine werden zu Aetzkalk CaO gebrannt, welcher zur Bereitung des Mörtels und für manche indnstrielle Zwecke dient. Mergelkalksteine und Mergel geben nach dem Brennen einen im Wasser erhärtenden (hydraulischen) Kalk, besonders bei einem Gehalte von 25 bis 30 Percent Thon. Die Kreide geniesst als Material zum Schreiben, Putzen etc. eine ausgebreitete Verwendnng. Aus dieser und dem dichten Kalkstein lässt sich wegen der enthaltenen organischen Substanzen keine geruchlose für den menschlichen Genuss bestimmte Kohlensäure darstellen, wohl aber solche für technische Zwecke. In der Landwirthschaft geniesst der Kalkstein häufige Verwendung zur Verbesserung des Bodens, da ein thoniger (kalter) Boden durch Kalkbeimengung locker nnd wasserdurchlässig wird (warmer Boden).

Der Kalkspath erfährt öfters eine Umwandlung in Gyps oder Dolomit, jedoch zeigen die letzteren Pseudomorphosen gewöhnlich eine Verdrängung an. Zahlreich sind die Fälle, in welchen eine ausgesprochene Verdrängnng des Kalkspathes durch andere Minerale beobachtet wird. Am häufigsten ist die V. durch Quarz und Chalcedon. Sehr gewöhnlich jene durch Erze: Limonit, Rotheisenerz, Eisenglanz, Manganit, Pyrolusit; durch Sulfide: Pyrit, Bleiglanz, Blende; durch Silicate: Feldspathe, Chlorite. Von Wichtigkeit sind auch die Verdrängungen durch die unter gleichen Umständen schwerer löslichen Carbonate Eisenspath, Ankerit, Zinkspath, Cerussit, Malachit.

Kalkspath mit einer Beimischung von $PbCO_3$ wurde Plumbocalcit, solcher mit $MnCO_3$ Spartait und Manganocalcit, solcher mit $BaCO_3$ Neotyp, jener mit $SrCO_3$ Strontianocalcit genannt.

Dolomit, *Saussure* (Bitterspath).

Die Krystalle zeigen gewöhnlich blos das Grundrhomboëder r von 73° 45′, doch findet sich auch das Rh. $m = 4R$ selbstständig und in Combinationen $c = 0R$, $e = -\frac{1}{2}R$, $b = \infty P2$, $v = R3$ u. a. m. Die einfachen Krystalle zeigen öfters dadurch, dass die Flächen der Skalenoëder wie $y = R\,5$ und der verwendeten Pyramiden wie $n = \frac{16}{3}P2$ blos in der halben Anzahl auftreten, die Zugehörigkeit des Dolomits zur rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Abtheilung an, worauf schon v. Kobell aufmerksam machte. Dies wird durch die Aetzfiguren auf den Rhomboëderflächen bestätigt, welche immer asymmetrisch sind, Fig. 6. (Autor in d.



mineral. und petrogr. Mitth., Bd. 4, pag. 99.) Sehr viele Krystalle sind aber Ergänzungszwillinge von Individuen der beiden Stellungen, was durch Aetzung des Spaltungsrhomboëders R erkannt wird. Aeusserlich erkennbare Zwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsaxe normal zur Basis Fig. 5 besonders schön bei Traversella, auch Zwillinge nach R kommen dort vor. Eingeschaltete Lamellen parallel $-2R$ sind öfters zu beobachten. Durch Druck entstehen keine solchen. Im Dünnschliff erscheinen die Individuen u. d. M. meistens einfach.

H. = 3·5 . . 4, also grösser als beim Kalkspath. Farben wie bei diesem, ebenso die Doppelbrechung. Für Natriumlicht sind:

für Kalkspath	$\omega = 1{\cdot}6585$	$\varepsilon = 1{\cdot}4864$
„ Dolomit	$= 1{\cdot}6817$	$= 1{\cdot}5026$

G. = 2·85 bis 2·95.

Chem. Zus.: $Ca\,CO_3 \,.\, Mg\,CO_3$ entsprechend 30·5 Kalk, 21·7 Magnesia, 47·8 Kohlensäureanhydrid, doch zeigen sich infolge isomorpher Beimischungen mannigfache Abweichungen, indem bisweilen der Gehalt an Kalk erhöht erscheint oder indem Eisen und Mangan eintreten. V. d. L. unschmelzbar, oft eine dunkle Farbe annehmend. In Salzsäure gebracht, entwickelt der D. blos wenige Blasen, durch Erwärmen erfolgt aber ziemlich rasch die vollständige Auflösung. Unterscheidungsmerkmal gegenüber dem Kalkspath.

Die Nachahmung des D. ist auf mehreren Wegen versucht worden, am interessantesten ist das Verfahren von Hoppe-Seyler, welcher $Ca\,CO_3$ mit einer Lösung von Magnesiabicarbonat einschloss und auf 100° erwärmte.

Die Arten lassen sich in drei Abtheilungen bringen:

1. Krystallisirter Dolomit.

Auf Gängen erscheinen öfters schöne Drusen R; jene mit $4R$ von Leogang, Kapnik werden bisweilen für Kalkspath gehalten. Die Rhomboëder sind oft sattelförmig gekrümmt, Fig. 4, oft perlmutterglänzend: Perlspath von Freiberg, Schneeberg, Schemnitz etc. Auf der Magnetitlagerstätte von Traversella in Piemont finden sich grosse schöne Krystalle. Im Dolomitgestein sind häufig Drusenräume zu beobachten. Die schönsten wasserklaren Krystalle sitzen in kleinen Höhlungen des feinkörnigen zerreiblichen Dolomites im Binnenthal neben Pyrit, Dufrenoysit, Hyalophan, Turmalin etc.; die schwebenden Krystalle im Talkschiefer der Alpen bei Gastein im Zillerthal sind einfache Rhomboëder, jene im Gyps bei Hall in Tirol sind schwärzlich und zeigen $4R$.

2. Krystallinischer Dolomitspath.

Körnige oder stenglige Aggregate werden öfter angetroffen. Die körnigen Bestandmassen, welche in den älteren Schiefern der Alpen vorkommen, enthalten immer etwas $Fe\,CO_3$. Bei der Auflösung und Verwitterung hinterlassen sie Eisenocher, pag. 402. Ein pisolithisches Vorkommen von Zepce in Bosnien und Rakovac in Slavonien beschrieb v. Zepharovich. Pseudomorphosen nach Calcit sind namentlich auf den ungarischen Erzgängen häufig. Im Innern erscheinen sie oft zellig. Ps. nach Fluorit sind selten, die Verdrängung nach Baryt ist bei Příbram öfters zu beobachten

3. Dolomit als Gestein.

Körniger Dolomit bildet bisweilen Gesteinsmassen von einiger Ausdehnung im Bereiche der krystallinischen Schiefer, ähnlich wie der körnige Kalkstein. Einige sehr bekannte Vorkommen sind der zuckerkörnige Dolomit des Binnenthals mit seinen schönen Mineralen, jener von Campo longo im Tessin, der gröberkörnige vom Brenner in Tirol. Der dichte bis feinkörnige Dolomit, welcher geschichtet und oft gelb gefärbt ist, erscheint in sedimentären Schichten eingelagert, doch gibt es keine Dolomite unter den jüngsten Bildungen.

Am häufigsten ist der D. mit dem Kalkstein in der Art verbunden, dass untergeordnete und unregelmässige Theile des Gebirges als Dolomit ausgebildet sind und durch Vermittlung von dolomitischem Kalk in den herrschenden Kalkstein übergehen. So in Südtirol an der Seisseralpe etc. Obwohl man häufig

von den dortigen „Dolomiten" liest, so gehören doch die schönen zackigen Bergformen dem Kalkstein an.

Oft sind Theile einer Kalkmasse dolomitisch, ohne dass eigentlicher D. auftritt. Solche Gemenge werden bei der Behandlung mit kalter verdünnter Salzsäure nur zum Theile aufgelöst.

Der D. ist bisweilen zerreiblich, sandig, erdig. Als Gnrhofian wurde ein dichtes, weisses Aggregat bezeichnet, welches bei Aggsbach in Niederösterreich im Serpentin vorkommt.

Die meisten Forscher sind in der Ansicht einig, dass dem Dolomitgestein in den meisten Fällen keine directe Bildung zukomme, sondern dass dasselbe durch Umwandlung des Kalksteines entstanden sei. Belege dafür sind das genannte Verhalten zum Kalkstein nnd das Fehlen des D. in den jüngsten Ablagerungen. L. v. Buch, Haidinger, Morlot, Scheerer u. A. haben sich mit der Lösung der Frage beschäftigt. Am wahrscheinlichsten ist es, dass Wässer, die Magnesiabicarbonat enthielten, die Verwandlung bewirkten. Der D. wnrde erst 1791 von Dolomieu als eine vom Kalkstein verschiedene Gattung hervorgehoben.

So wie der Kalkspath wird auch der D. öfters durch Quarz oder Chalcedon, ferner dnrch Pyrolusit, Limonit, Pyrit, Eisenspath, Zinkspath verdrängt. In der Tilly-Foster-Mine in New-York wurde von Dana die Verdrängung durch Magnetit beobachtet.

Die Eisen und Mangan enthaltenden Dolomite werden Braunspath genannt, weil sie bei der Verwitterung braun werdon. Eine besondere Gattung ist der Ankerit mit dem $R = 73°48'$ und dem höheren G. = 2·95 bis 3·1. In demselben erscheint der Dolomitsubstanz $Ca\,CO_3 . Mg\,CO_3$ die damit isomorpho Substanz $Ca\,CO_3 . Fe\,CO_3$ bis zu gleicher Menge beigemischt. Bei der Verdrängung des Kalksteins durch Eisenspath bildet er oft die Grenzzone, s. pag. 306. Wird von den Bergleuten Rohwand genannt.

Magnesit, *Leonhard* (Giobertit, *Beudant*).

Das Spaltungsrhomboëder hat ungefähr 72° 40', doch schwankt dor Winkel ein wenig, je nach dem Vorkommen. Gewöhnlich sieht man blos die Form R, bei Mariazell und Flachau findot sich nach Rumpf die Comb. $\infty P2 . 0R$. Farblos, weiss, gelblich, braun, grau bis schwärzlich. Optisch negativ. H. = 4 .. 4·5. G. = 2·9 bis 3·1.

Chem. Zus.: $Mg\,CO_3$, entsprechend 47·6 Magnesia und 52·4 Kohlensäure-Anhydrid. Die isomorphe Beimischung der Carbonate von Eisen, Mangan, Kalk wird oft beobachtet. V. d. L. unschmelzbar, oft grau bis schwarz und dann magnetisch werdend. Durch Säuren wird der M. nur in der Wärme und viel schwieriger als der Dolomit aufgelöst. Die Nachahmung des M. gelang Senarmont durch Mischung von Lösungen $Mg\,SO_4$ und $Na\,CO_3$ und längeres Erwärmen auf 160° in geschlossenem Gefässe. H. Rose bekam rhombische Krystalle beim Abdampfen von Magnesiabicarbonat.

Der M. findet sich in Rhomboëdern R in Serpentin bei Snarum in Norwegen, in ebensolchen einzelnen Rhomboëdern im Talkschiefer der Alpen, im Zillerthal,

Digitized by Google

Pfitschthal, Ultenthal etc., in schwärzlichen blätterigen Aggregaten im Gyps bei Hall in Tirol. Die letzteren Vorkommen sind eisenhaltig. Sie wurden, wie überhaupt aller merklich eisenhaltige M. als Breunnerit bezeichnet. In den nordöstlichen Alpen finden sich Lager und Linsen von grosskörnigem M. im Thonschiefer; die flachrhomboëdrischen Individuen sind öfters durch etwas Grundmasse getrennt: der Pinolit Rumpf's, besonders schön bei Triehen in Steiermark.

Der weisse dichte Magnesit von flachmuscheligem Bruche, welcher in den Klüften des Serpentins bei Hrubschitz in Mähren, Krauhat in Steiermark, Frankenstein in Schlesien, Baldissero in Piemont (Baudisserit) vorkommt, ist ein bei der Bildung des Serpentins aus Olivinfels entstehendes Nebenproduct, oft durch Beimischung von Opal kieselhaltig. Die Magnesite werden öfters zur Darstellung reiner Kohlensäure für Getränke benutzt.

Zinkspath (Smithsonit, *Beudant*, Galmei z. Th., Kohlengalmei).

Für die Zinkindustrie sehr wichtig. Die Krystalle meist klein und rauh, sie geben ein Spaltungsrhomboëder R von 72° 20′. Zuweilen sieht man $4R$ und in Combinationen $-\frac{1}{2}R$, ∞R, $\infty P2$ etc. H. = 5. Farblos, gelb, grün, braun, lichtgrau, durchscheinend bis undurchsichtig. G. = 4·1 bis 4·5.

Chem. Zus.: $ZnCO_3$, entsprechend 64·8 Zinkoxyd und 35·2 Kohlensäure-Anhydrid, jedoch gewöhnlich mit Beimischungen der übrigen isomorphen Carbonate und zuweilen von Cadmiumcarbonat. V. d. L. unschmelzbar, durch Säuren unter Brausen, aber auch durch eine reichliche Menge von Kalilauge auflöslich.

Krystallisirter Z. findet sich in Drusen auf Gängen mit Blende und Bleiglanz. Schöne Exemplare kennt man von Chessy, Dognaczka, Rezbanya, Kapnik, Matlock, Nertschinsk etc. Auf den Lagerstätten sieht man auch häufig Drusenräume.

Krystallinischer Z. wurde auf mehreren Lagerstätten als Versteinerungsmaterial von Muscheln angetroffen, ferner auf Gängen als Verdrängungs-Pseudomorphose nach Kalkspath, Dolomit, Fluorit. Der körnige bis dichte Z. bildet Lagerstätten, welche mit Kalkstein und Dolomit verknüpft sind und durch Verdrängung erklärt werden, pag. 306. Sehr bekannt sind jene vom Altenberg bei Aachen, bei Brilon und Iserlohn in Westphalen, Tarnowitz in Schlesien, Raibl in Kärnten, Wiesloch in Baden, Santander in Spanien, am oberen Mississippi etc. Das Erz, welches oft mit Kieselzinkerz und Zinkblüthe verbunden ist, bildete ehemals das einzige Zinkerz, bevor man die Blende verhütten lernte. Es ist oft unscheinbar, durch Brauneisenerz gelb bis braun gefärbt, häufig zellig (Zellengalmei).

Der Zinkeisenspath, Eisenzinkspath, Kapnit sind Mischungen mit Eisencarbonat, der Monheimit, eine Mischung mit Eisencarbonat, der Herrerit ist durch Kupfer blaugefärbter Zinkspath.

Eisenspath (Spatheisenstein, Siderit).

Als wichtiges Eisenerz ein Hauptglied der Carbonate. Nicht sehr formenreich, da die Krystalle gewöhnlich nur das Grundrhomboëder von circa 73° zeigen Dieses ist öfters sattelförmig gekrümmt. Die Drusen vom Harz, aus

Cornwall etc. haben auch andere Rhomboëder, darunter $-2R$ und $4R$ selbstständig, $-\frac{1}{2}R$ in Combinationen, hier auch die beiden Prismen, die Endfläche und $R3$. Die Spaltflächen nach R sind öfters gekrümmt. Die Aetzfiguren sind bald asymmetrisch, bald monosymmetrisch. H. = 3·5 . . 4·5. Farbe erbsengelb, gelblichgrau, grau, gelblichbraun, Glasglanz. Durchscheinend bis undnrchsichtig, optisch negativ. Nur schwach auf die empfindliche Magnetnadel wirkend. G. = 3·7 bis 3·9.

Chem. Zus.: $Fe\,CO_3$, entsprechend 62·1 Eisenoxydul und 37·9 Kohlensäureanhydrid, jedoch immer Mangan, auch Magnesia und Kalk in Form der isomorphen Carbonate beigemischt enthaltend. V. d. L. unschmelzbar, schwarz und magnetisch werdend, durch Säuren nnter Aufbrausen auflöslich. Senarmont hat durch Erwärmung einer Mischung von gelöstem $FeSO_4$ nnd Na_2CO_3 bei 180° in geschlossenem Gefässe kleine Rhomboëder von der Zus. des E. erhalten.

Schöne Druson von Eisenspath finden sich auf Erzgängen oft mit Quarz, Blende, Kupferkies, z. B. bei Neudorf und Stolberg am Harz, Příbram in Böhmen, Traversella in Piemont, in Cornwall, Devonshire etc. Auf Lagerstätten bilden Drusen die Endigungen von körnigem E. bei Eisenerz, Hüttenberg, Müsen eto. Halbkngelige Aggregate (Sphärosiderit) im Basalt bei Steinheim, Bilin, Kolosoruk. In Verdrängungspsendomorphosen nach Calcit, Aragonit, Dolomit, nach Baryt, Fluorit auf Gängen.

Der körnige Siderit ist ein seit alter Zeit gekanntes Mineral, welches öfters mächtige Lagerstätten bildet. Dieselben sind lagerförmig oder stockartig, öfters mit Eisenspathgängen verbunden. Häufig enthalton sie Quarz, zuweilen Kupferkies und andere Sulfide, darunter manchmal Zinnober. Ueber die Bildung durch Verdrängnng des Kalksteines, pag. 306. Zahlreich sind die Lager in der nördlichen Zone der Alpen zwischen dem Semmering und Brenner im Bereiche der alten Schiefer, am bekanntesten der Erzberg bei Eisenerz in Steiermark, ein Lager von durchschnittlich 60, im Maximum von 125 Meter Mächtigkeit im Kalkstein. Ohne Zweifel bezogen die Römer von dort ihr „norisches Eisen". Anch südlich an der Alpengabelung tanchen Lager auf, das ausgedehnteste bei Hüttenberg in Kärnten. Die verwitterten Vorkommen werden Brannerze, die manganhaltigen Blauerze genannt. Sie sind für die Verhüttung angenehmer als die frischen (nnreifen) Eisenspathe. Der Mangangehalt ist für die Stahlbereitung erwünscht. Eine merkwürdige stockartige Masse ist jene von Müsen in Westphalen, gangartig sind jene bei Horhausen, Igló.

Der dichte Siderit bildet in den sedimentären Gesteinen Lagerstätten, welche bald aus einem, bald aus wiederholten Lagern bestehen nnd öfters Versteinerungen enthalten. Zuweilen ist das Erz rein und fein krystallinisch, gewöhnlich aber ganz dicht und mit Thon gemongt: thoniger Siderit oder lichter Thoneisenstein. Derselbe bildet häufig einzelne Kugeln und Concretionen, thoniger Sphärosiderit, oder die Lager sind aus vielen solchen Concretionen zusammengesetzt. Beispiele finden sich in den nördlichen Karpathen, in der Gegend von Rokycan in Böhmen, im westphälischen Kohlengebirge, in Oberschlesien. Durch Kohle dunkelgefärbte Lager (Kohleneisenstein, Blackband)

kennt man im Steinkohlengebiete Englands, Westphalens, des Banats etc. Diese Ablagerungen scheinen von Sümpfen herzurühren, welche von eisencarbonathaltigen Quellen genährt wurden.

Der **Sideroplesit**, **Pistomesit** und **Mesitinspath** bilden mit steigendem Magnesiagehalt den Uebergang zum Magnesit, der **Oligonspath** zum Manganspath, der **Zinkeisenspath** zum Zinkspath. Der **Kobaltspath** (Sphärocobaltit) ist $CoCO_3$.

Manganspath (Dialogit, Rhodochrosit, Himbeerspath).

Ein wenig häufiges Mineral. Formen wie beim Eisenspath. Am häufigsten das Grundrhomboëder von 73°. Krümmung der Flächen kommt oft vor. Spaltb. nach R. H. = 3·5 . . 4·5. Farbe rosenroth bis himbeerroth, durchscheinend, Glasglanz, auch Perlmutterglanz.

Chem. Zns.: $MnCO_3$ entsprechend 61·7 Manganoxydul, 38·3 Kohlensäureanhydrid, aber niemals ganz rein, vielmehr oft grosse Mengen der isomorphen Kalk-Magnesia- und Eisencarbonate darbietend. Demnach zeigen sich Uebergänge zum Braunspath und Eisenspath. V. d. L. zerknistert er heftig, wird grünlichgrau bis schwarz, schmilzt nicht. Durch Säuren langsam, in der Wärme jedoch unter Brausen auflöslich.

Krystalle, halbkugelige oder traubige Aggregate finden sich auf Gängen. Jene von Kapnik, Nagyag sind blasser und kalkreich, jene von Horhausen und von Vieille in den Pyrenäen sattgefärbt und fast rein. Freiberg, Diez liefern schöne Drusen. Der **Mangandolomit** von Stirling ist ein Mittelglied zwischen M. und Kalkspath. Bei Elbingerode fand sich neben M. auch Kieselmangan.

2. Ordnung: Silicide.

Eine sehr umfangreiche Ordnung, die alle wasserfreien Silicate umfasst, ausserdem auch einige basische Silicate von grösserer Härte. Es sind fast durchaus steinartige Minerale, zeigen also Glasglanz oder Fettglanz, sind durchsichtig, durchscheinend bis undurchsichtig, spröde. Die Härte beträgt gewöhnlich 5 bis 7, steigt aber auch bis 8. Im Kölbchen geglüht, geben sie kein Wasser, auch die basischen nicht, weil erst bei hohen Temperaturen das gebildete Wasser ausgeschieden wird.

In chemischer Beziehung sind erstlich die einfachen Silicate zweiwerthiger Metalle zu unterscheiden, welche zwei Typen folgen:

Mg_2SiO_4 Olivintypus, basische Anhydridsalze pag. 243,

$MgSiO_3$ Pyroxentypus, normale Salze pag. 241.

Die Alumosilicate sind mannigfaltiger, da mehrere Hydroxyde des Aluminiums in Betracht kommen, wie in den Beispielen, welche normale und saure Anhydridsalze anführen:

Al_2SiO_5	Disthentypus,	abgeleitet von	$Al_2H_2O_4$	und	H_2SiO_3	normal. Salz
$Na_2Al_2Si_2O_8$	Nephelintypus	„ „	$Al_2H_2O_4$	„	$2H_2SiO_3$	„ „
$K_2Al_2Si_4O_{12}$	Leucittypus	„ „	$Al_2H_6O_6$	„	$4H_2SiO_3$	„ „
$K_2Al_2Si_6O_{16}$	Orthoklastypus	„ „	$Al_2H_6O_6$	„	$6H_2SiO_3$,	Saures A. S.
$Li_2Al_2Si_8O_{20}$	Petalittypus	„ „	$Al_2H_6O_6$	„	$8H_2SiO_3$	„ „

Digitized by Google

Die Alumosilicate der zweiwerthigen Metalle sind noch mannigfaltiger. Beispiele einfacher Fälle sind:

$Ca\,Al_2\,Si_2\,O_8$ Anorthittypus, von $Al_2\,H_2\,O_4$ und $2\,H_2\,Si\,O_3$
$Ca_3\,Al_2\,Si_3\,O_{12}$ Granattypus $Al_2\,H_4\,O_6$ „ $3\,H_2\,Si\,O_3$
$Be_3\,Al_2\,Si_6\,O_{18}$ Berylltypus $Al_2\,H_6\,O_6$ „ $6\,H_2\,Si\,O_3$

Ebenso leiten sich die basischen Alumosilicate in verschiedener Weise ab:

$(Ca\,OH)_2\,Al_2\,Si_2\,O_8$ ein Epidotsilicat, dem Anorthittypus entsprechend
$(Ca\,OH)_2\,Al_2\,Si_3\,O_{10}$ Prehnitsilicat abg. von $Al_2\,H_4\,O_5$ und $3\,H_2\,Si\,O_3$

An die Alumosilicate schliessen sich noch einige Borosilicate.

Viele der Gattungen, welche wasserfreie Silicate sind, zerfallen in gewöhnliche (frische) und glasige (vulkanische) Arten. Die ersteren finden sich im Bereiche der älteren Silicatgesteine, wie Granit, Gneiss, die letzteren sind mit jüngeren Gesteinen eruptiven Ursprunges, wie mit Basalt, Trachyt und deren Laven verknüpft.

Olivingruppe.

Diese Minerale sind frei von Thonerde. Sie werden mit Ausnahme des Phenakits alle durch Säure zerlegt. Die Härte liegt zwischen 5 und 8. Die Spaltb. ist wenig vollkommen. Sie sind rhombisch oder rhomboëdrisch krystallisirt oder deutlich krystallinisch.

Olivin (Peridot).

Eine durch die Verbreitung und die Umwandlungserscheinungen wichtige Gattung. Krystallform rhombisch. Gewöhnliche Flächen sind $m = (110)$, $s = (120)$, $b = (010)$, $k = (021)$ aber auch $a = (100)$ $d = (101)$, ferner $h = (011)$, $e = (111)$. Die Flächen m und s erscheinen oft ihrer Kante parallel gerieft. Winkel

Fig. 1.

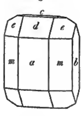


Fig. 2.

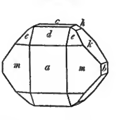
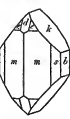


Fig. 3.



(120) = 85°57′, (110) = 49°58′, (101) = 103°6′, (011) = 60°48′. A. V. = 0·466 : 1 : 0·5866. Die Gestalt der Krystalle ist kurz säulenförmig bis dicktafelig. Spaltb. nach b deutlich, nach a unvollk. Muscheliger Bruch. H = 6·5 . . 7. Optisch positiv. A. E. parallel 001, die 1. Mittellinie parallel 010.

Chem. Zus. einer Mischung der beiden isomorphen Verbindungen: Mg_2SiO_4 mit 57·1 Magnesia, 42·9 Kieselsäure und Fe_2SiO_4 mit 70·6 Eisenoxydul und 29·4 Kiesels. entsprechend. In manchen O. wurde Titansäure, Nickel, Mangan, Fluor in geringen Mengen gefunden. Durch Salzsäure wird das Pulver zersetzt, bei den eisenhaltigen unter Gallertbildung. Man unterscheidet:

1. Forsterit. Farblos, gelb, hellgrün, bläulich. H. = 7, G. = 3·24. Unschmelzbar. Das Magnesiasilicat fast allein enthaltend. Sitzende Krystalle am Vesuv, im körnigen Kalk bei Bolton, Mass. (Boltonit), bei Slatoust.

2. Olivin. Gelb, spargelgrün, olivengrün, pistazgrün, auch braun und roth. G. = 3·2 . . 3·6. V. d. L. unschmelzbar, die eisenreichen schwer schmelzbar. Mischung beider Silicate bis etwa zu 45 Percent Eisenoxydul.

Den krystallisirten Olivin kennt man in durchsichtigen losen Krystallen, welche aus Natolien, Egypten, Brasilien kommen und als Edelstein benutzt werden: Chrysolith, ferner in grossen Krystallen, die bisweilen im körnigen Kalkstein mit Magnetit, Talk, Bergleder im Bereiche der krystallinischen Schiefer gefunden werden. Stubachthal, Snarum. Die wasserhaltigen veränderten von Traversella wurden Villarsit genannt, das derbe Vorkommen im körnigen Kalk und Talkschiefer des Ural aber Glinkit.

Kleine, selten grössere Krystalle, welche häufig die Formen in Fig. 1 bis 3 zeigen, sowie auch Körner sind als accessorischer oder wesentlicher Gemengtheil in vielen Eruptivgesteinen verbreitet, namentlich im Basalt, Melaphyr, Pikrit. Beispiele sind der Basalt von Mayen am Rhein, der Pikrit bei Neutitschein in Mähren. Die eisenreichen Krystalle des Basaltes am Kaiserstuhl wurden Hyalosiderit genannt. Lose Krystalle finden sich öfters in der vulkanischen Asche am Vesuv, Aetna etc.

Der körnige Olivin bildet für sich und im Gemenge mit Bronzit oder Diallag den Olivinfels (Lherzolith, Dunit), welcher im Gebiete der krystallinischen Schiefer vorkommt. Als accessorischer Gemengtheil findet er sich in manchem Gabbro und Eklogit. Bruchstücke von Olivinfels und kleinere Stücke von körnigem Olivin sind öfters als fremde Einschlüsse im Basalt, Lava und Tuff enthalten. Sie sind also bei der Eruption aus der Tiefe gebracht worden. Bei Kapfenstein in Steiermark liegen grosse Rollstücke von Olivinfels im Basalttuff.

3. Fayalit Die eisenreichsten Mischungen. Fettglänzend, dunkelgrün bis eisenschwarz. G. = 3·9 bis 4·1. V. d. L. zur Kugel schmelzbar. Krystalle in der Lava vom Hafnefiord auf Island. Die Schlacke, welche sich beim Eisenfrischprocess erzeugt, bildet oft Krystalle, wie in Fig. 3, und hat die Zusammensetzung des Fayalits. Das Vorkommen auf der Insel Fayal scheint auch nur eine solche Schlacke zu sein.

Wie Ebelmen zeigte, gelingt die Darstellung von Krystallen mit Olivinform und entsprechender Zusammensetzung durch Schmelzen von Magnesia und Kieselerde in passendem Verhältnis mit Borsäure.

Der Olivin gehört in jene Gattungen, welche auch unter den Hauptgemengtheilen vieler Meteorsteine vertreten sind.

Eine häufige Erscheinung ist die Verwitterung des O. zu Serpentin. Die Veränderung lässt sich sowohl an einzelnen Krystallen, z. B. an jenen von Snarum in Norwegen, als auch an den körnigen Aggregaten im Olivinfels erkennen. Da der gebildete Serpentin ein grösseres Volumen besitzt, als das ursprüngliche Mineral, so erfolgt ein fortwährendes Zerspringen des letzteren, welches eine maschenförmige Textur der Neubildung bedingt (s. pag. 122). Bisweilen ist

dem Umwandlungsproduct Magnesit oder Opal beigemengt. Eisenreiche Vorkommen liefern auch Magnetit oder Rotheisenerz als Umwandlungsproduct, z. B. Krystalle im Melaphyr.

Merkwürdig ist die Umwandlung des O. in Anthophyllit und Strahlstein, welche Becke aus dem Waldviertel beschrieb.

Der Hortonolitb ist zum Fayalit zu recbnen, der Stirlingit, mangan- und zinkhaltig, nähert sich dem Knebelit.

Der Monticellit, rhombiscb (120) = 81° 53′, (011) = 59° 51′, H. = 5 . . 5·5, G. = 3·1 ist dem Olivin ähnlicb. Cbem. Zus.: $CaMgSiO_4$, docb mit einer Beimischung des isomorpben Eisensilicates. Vesuv, Monzoni. Hier auch derb (Batracbit). Nach G. v. Rath verwandelt sich der M. bisweilen in Fassait.

Dem Olivin verwandt sind aucb drei fluorhaltige, oft schön krystallisirte, dabei sebr formenreiche Minerale, deren Benennung nach Descloizeaux:

Humit (rbombisch), Cbondrodit (monoklin), Klinohumit (monoklin). H. = 6, G. = 3 bis 3·2. Sie sind scbwer zu unterscheiden. Die chem. Zus. stellt sicb nach Sjögren so dar, als ob das Olivinsilicat Mg_2SiO_4 mit verscbiedenen Mengen von $MgFl_2$ und MgH_2O_2 (zusammen bis zu 16 Percent) verbunden wäre. Schöne Krystalle kommen vom Vesuv, aus der Tilly-Foster-Grube bei Brewster in New-York, von Nyakopparberg oder Kafveltorp in Westmanland, Ladu-Grube in Wermland, Schweden; Cbondrodit findet sich öfters im körnigen Kalkstein, so bei Pargas und Orijärfvi in Finland, Sparta in New-Jersey. Verwandelt sich auch bisweilen in Serpentin.

Dem Olivin entsprechend zusammengesetzt ist auch der damit isomorphe Tepbroit Mn_2SiO_4 von Sparta, Stirling, Franklin in New-Jersey, der zugehörige magnesiahaltige Pikrotephroit von Langban, der eisenhaltige Knebelit von Ilmenau und Dannemora.

Hier sind noch einige rhomboëdrische Silicate zu erwähnen: Der Phenakit, ein seltenes Mineral, rhomboëdrisch-tetartoëdrisch, R = 63° 24′. Kurze Krystalle von beinahe Topashärte, farblos, weingelb. G. = 2·96 bis 3. Be_2SiO_4. Stretinsk an der Takowaja, Framont, neuerlich aucb in der Schweiz gefunden. Merkwürdig ist das Vorkommen mit Amazonit bei Miask und in Colorado.

Der Willemit, mit vorigem isomorph, weiss, gelb, braun etc. H. = 5·5, G. = 4·1. Zn_2SiO_4. Altenberg bei Aacben, Stirling und Franklin in New-Jersey. In dem isomorphen Troostit ist das Mangansilicat Mn_2SiO_4 zugemischt.

In die Nähe der Olivingruppe werden von manchen Autoren auch folgende Minerale gestellt:

Liëvrit (Ilvait), rbombiscbe, langsäulenförmige Krystalle von bräunlich- oder grünlicbschwarzer Farbe. H. = 5·5 . . 6. G. = 3·8 bis 4·1. Ein Eisenoxyd und Wasser enthaltendes Silicat $H_2Ca_2O_2 . 4Fe_2O_3 . 4SiO_2$, welches vielleicbt zu den basischen Verbindungen zu stellen ist. Durch Salzsäure leicht zersetzbar. Insel Elba, Herborn in Nassau, Kupferberg in Schlesien etc.

Gadolinit, pechschwarz, von muscheligem Bruche, H. = 6·5 . . 7. G. = 4 bis 4·3. Ein durch Säuren leicbt zersetzbares Yttererdesilicat mit Be, Ce, Fe etc. Verglimmt v. d. L. Die Krystallform wurde rhombisch und monoklin gefunden. Vielleicht sind es zwei verschiedene Minerale. Mancher G. ist einfach brecbend. Im Granit von Fahlun, Hitteröe, im Radautbal am Harz, Schreiberbau im Riesengrunde etc.

Helvin, tetraëdrisch. Gelb, grün, braun. Feldspathhärte. G. = 3·2 bis 3·3. Ein Olivinsilicat $BeMnSiO_4$ verbunden mit einem Sulfid MnS, letzteres bis 18 Percent, statt des Mangans auch Eisen enthaltend. Durch Salzsäure unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff zersetzbar. Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen, Lupiko in Finland etc.

Der Acbtaragdit scbeint ein zersetzter, der Danalith ein zinkhaltiger H. zu sein.

Eulytin (Kieselwismuth, Wismuthblende), mimetisch-tetraëdrisch, die Individuen rhomboëdrisch nach Bertrand, H. = 4·5 . . 5, G. = 6·1. $Bi_4Si_3O_{12}$. Schneeberg, Johanngeorgenstadt. Der Agricolit Frenzel's hat dieselbe Zusammensetzung.

Als fluorhaltige Silicate sind noch zu nennen: der Leukophan und Melinophan, der Cuspidin.

Pyroxen-Amphibolgruppe.

Rhombische, monokline, seltener trikline Minerale von grosser Verbreitung. Sie bestehen in erster Linie aus einfachen normalen Silicaten von Kalk, Magnesia, Eisen, wozu aber öfters auch isomorphe Alumosilicate kommen. Durch gewöhnliche Säuren sind sie nur wenig angreifbar, blos das reine Kalksilicat, der Wollastonit wird dadurch zersetzt. Die Härte liegt zwischen 4·5 und 7.

Alle sind spaltbar, die meisten nach einem vierflächigen Prisma. Sie zerfallen nach dem Spaltwinkel in zwei Reihen, die Pyroxen- und die Amphibolreihe.

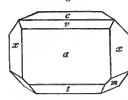
Ueber die optischen Verhältnisse und die chemische Zusammensetzung der Pyroxen-Amphibolgruppe: Aut. in den Mineralog. Mittheilungen h. v. Tschermak 1871, pag. 17.

Wollastonit, *Hauy* (Tafelspath).

Monokline, tafelförmige oder säulenförmige Krystalle oder auch körnige, strahlige, faserige Aggregate. Häufige Flächen sind $a = (100)$, $v = (101)$, $c = (001)$, $t = (10\bar{1})$, $x = (120)$, $m = (122)$. Winkel $(110) = 92°42'$, $100:101 = 44°27'$, $\beta = 84°30'$. Zwillingsbildungen nach 100. Spaltb. nach 100, 101, $20\bar{1}$. H. = 4·5 . . 5 A.E. parallel 010. Weiss, gelblich, röthlich. G. = 2·8 bis 2·9.

Chem. Zus.: $CaSiO_3$, entsprechend 48·3 Kalk, 51·7 Kieselsäure. V. d. L. zum durchscheinenden Glase schwierig schmelzbar, durch Säuren unter Gallertbildung auflöslich.

Fig. 1.



Der W. kommt als Contactmineral im blaulichen körnigen Kalkspath mit Granat etc. bei Cziklowa im Banat, Pargas in Finland etc. vor, ferner in sitzenden Krystallen oder strahligen Bildungen in Auswürflingen der Somma am Vesuv, Capo die bove bei Rom, spärlich in Eruptivgesteinen, z. B. in der neuen Lava auf Santorin, im Phonolith des Kaiserstuhles etc.

Der Aedelforsit ist nach Forchhammer ein unreiner Wollastonit. Ob der Pektolith vom Monte Baldo, Monzoni, Bergenhill etc., welcher auch Natron und Wasser enthält, blos als ein veränderter W. zu betrachten sei, ist noch nicht sichergestellt. Dasselbe gilt vom Stellit und Osmelith.

Pyroxenreihe: Spaltwinkel circa 92°.

Bronzit.

Bietet eine vollständige Parallele mit Olivin, sowohl in der Verbreitung als in den Erscheinungen der Umwandlung. Krystallsystem rhombisch, Krystalle säulenförmig. $m = (110)$, $a = (100)$, $b = (010)$, $e = (122)$, $u = (322)$, $p = (102)$. Winkel $(110) = 91°40'$. Hier ist also die schärfere Kante nach vorn gekehrt, wegen der Analogie mit den folgenden Gattungen. $(102) = 31°48'$. A. V. $= 1·0295 : 1 : 0·5868$.

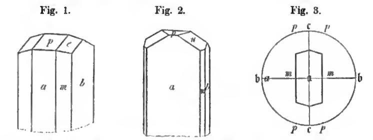
Spaltb. nach m ziemlich vollk., nach a unvollk. jedoch zeigt sich öfters in Folge schaliger Zusammensetzung eine Theilbarkeit nach a. H. = 5 . . . 6. Die Mittellinie $\mathfrak{c}$ ist immer parallel der aufrechten Axe, die A. E. parallel a, ausser

Digitized by Google

im Protobastit. Von diesem abgesehen, müssen immer Schnitte parallel *b* gemacht und diese meistens in Oel getaucht werden, um den negativen Axenwinkel messen zu können. G. = 3·1—3·5.

Chem. Zus. einer Mischung der isomorphen Silicate $MgSiO_3$ mit 40 Magnesia, 60 Kiesels. und $FeSiO_3$ mit 54·5 Eisenoxydul und 45·5 Kiesels. entsprechend. Thonerde wird bisweilen in erheblicher, Mangan, Calcium in untergeordneter Menge gefunden. Durch Säuren wird das Pulver nicht angegriffen.

Der Winkel der optischen Axen variirt je nach dem Verhältnis, in welchem die beiden Silicate gemischt sind. Für die eisenärmste Mischung ist der negative Winkel in Oel 133°, für die eisenreichste 69° nach Descloizeaux. Da der wahre Axenwinkel bei einem Gehalte von ungefähr 10 Percent Eisenoxydul 90° wird, so sind alle hierhergehörigen Minerale mit weniger Eisen optisch positiv, die mit mehr Eisen aber negativ (pag. 184).



Die künstliche Darstellung des Silicates Mg SiO_3 gelang Ebelmen wie beim Olivin, Cossa durch Zusammenschmelzen von Magnesia und Kieselsäure im geeigneten Verhältnis.

Man unterscheidet:

1. Enstatit, *Kenngott.* Grauweiss, gelblich, grünlich und blass bräunlich, durchscheinend. Optisch positiv. H. = 5·5, G. = 3·1 bis 3·2. Das Magnesiasilicat ziemlich rein enthaltend, Gehalt an Eisenoxydul bis etwa 5 Percent. V. d. L. nicht schmelzbar.

Grosse Krystalle bis über 40 Cm. lang, öfters von der Form in Fig. 1, wurden von Brögger und Reusch bei Kjörrestad im norwegischen Kirchspiol Bamle neben Rutil in einer Apatitlagerstätte entdeckt, welche Klüfte im Hornblendeschiefer ausfüllt. (Zeitsch. f. Kryst. I, pag. 18.) Derbe Massen finden sich auch in anderen Gegenden Norwegens, Krystalle ohne deutliche Endigung im Pseudophit am Zdjarberge bei Aloisthal in Mähren u. s. w.

Der E. zeigt sich öfters in Talk verwandelt. Die norwegischen Krystalle haben gewöhnlich eine weiche, wasserhaltige Rinde, andere sind vollständig zu Speckstein geworden.

2. Bronzit, *Karsten.* Lauchgrün, gelbgrün, pistazgrün, olivengrün, nelkenbraun, auf der Querfläche *a* öfters einen tombackartigen Schiller zeigend, welcher von Einschlüssen herrührt, pag. 112. Dadurch wird eine schalige Absonderung nach *a* hervorgebracht. Durchscheinend. Der Pleochroismus ist nicht stark. Manche

Exemplare sind opt. positiv, die meisten negativ, H. = 5·5, G. = 3·2 .. 3·3. Mischungen des Magnesia- und des Eisensilicates innerhalb der (willkürlich angenommenen) Grenzen, welche durch etwa 5 Percent und 15 Percent Eisenoxydul angegeben werden. V. d. L. sehr schwer schmelzbar.

Messbare Krystalle sind bisher nicht beobachtet. Der B. findet sich in einzelnen Körnern und unvollk. Krystallen und in körnigen Aggregaten als Begleiter des Olivins im Olivinfels (Lherzolith, Dunit), und auch im Serpentin. Grosse Individuen sind von Kraubat in Steiermark, Kupferberg in Baiern, aus dem Ultenthal in Tirol u. von a. O. bekannt. Die welligen Knickungen, welche manche Spaltungsstücke auf $a = (100)$ zeigen, rühren, wie Bücking zeigte, von einer wiederholten Zwillingsbildung nach $h = 104$ her.

Der B., welcher in den Olivinfels-Einschlüssen im Basalt bei Marburg in Hessen, am Kozakow bei Semil in Böhmen, im Basalttuff bei Kapfenstein in Steiermark, bei Reps in Siebenbürgen etc. vorkommt, zeigt keine schalige Zusammensetzung und keinen Schiller. In Melaphyr, Andesit wurde auch B. beobachtet.

Mancher B., welcher im Serpentin vorkommt, gibt Lamellen parallel *a*, welche, in Oel getaucht, die Axenbilder bemerken lassen, also die Ebene der opt. Axen parallel *b* haben (Protobastit, Diaklasit von Harzburg). Hier scheint die beginnende Zersetzung die Ursache der optischen Veränderung zu sein. Dieselbe optische Orientirung behält der im Serpentin eingeschlossene B. bei der Umwandlung in Schillerspath (Bastit). Wo der B. nicht im Serpentin eingeschlossen ist, verwittert er zu Talk oder (zufolge eines Thonerdegehaltes) zu einem graugrünlichen Gemenge (Phästin), welches Talk und einen Chlorit enthält.

Der Monradit scheint auch ein etwas zersetzter Bronzit zu sein.

3. Hypersthen, *Hauy* (Paulit). Schwärzlichgrün, schwärzlichbraun, pechschwarz. Auf der Querfläche *a* zeigt sich öfters ein kupferfarbiger Schiller. Undurchsichtig, optisch negativ. An dünnen Platten lässt sich der Pleochroismus gut erkennen, an solchen parallel *a* hat man öfters für c graugrün, für a hyacinthroth. H. = 6. G. = 3·4 bis 3·5. Mischungen beider Silicate mit mehr als 15 Perc. Eisenoxydul. V. d. L. zu grünlichschwarzem, schwach magnetischem Glase schmelzend.

Grosse Krystalle wurden in der Magnetkieslagerstätte bei Bodenmais in Baiern, kleinere in den Auswürflingen des Laachersees (Amblystegit) und in Trachyten (s. Fig. 2) gefunden. Auf der Insel St. Paul an der Küste von Labrador bilden grosse Individuen mit Plagioklas ein Gestein, den Hypersthenit; kleinere Individuen kommen in manchem Gabbro, Melaphyr, als accessorischer Gemengtheil vor.

So wie der Olivin ist auch der Bronzit in seinen verschiedenen Gliedern unter den wesentlichen Gemengtheilen in Meteoriten vertreten.

Pyroxen, *Hauy.*

Die Krystallform ist monoklin. Gewöhnliche Formen sind:

$a = (100),\ m = (110),\ b = (010),\ u = (111),\ s = (11\bar{1}).$

Oefters aber treten hinzu:

$p = (10\bar{1})$, $c = (001)$, $v = (221)$, $o = (22\bar{1})$, $z = (021)$, seltener ist $n = (10\bar{2})$[1]).

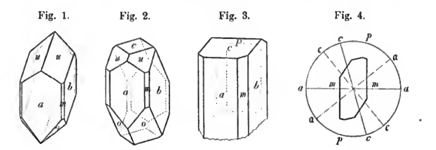
Winkel der typischen Formen sind:

$(110) = 92°54$, $u:u = 111:1\bar{1}1 = 48°30'$, $s:s = 11\bar{1}:1\bar{1}\bar{1} = 59°12'$, $\beta = 74°11'$.

A. V. = 1·0903 : 1 : 0·5893 (Kokscharow, Mat. z. Miner. Russlands, Bd. 4).

Spaltb. nach *m* deutlich bis ziemlich vollk. H. = 5 bis 6. Die Zwillingsbildungen erfolgen nach *a* oder nach c. Nimmt man ein Blättchen parallel der einen oder der anderen Fläche, so erhält man im Polarisationsapparate je ein Axenbild. A. E. parallel *b*, optisch positiv, Winkel *ac* variabel. Pleochroismus gewöhnlich schwach. G. = 3 bis 3·5.

Chem. Zus. mehreren, vorzugsweise thonerdefreien Silicaten entsprechend. V. d. L. schmelzen alle Pyroxene zu einem Glase, welches je nach dem Eisengehalte weiss, grau, bis grün oder schwarz ist. Durch Säuren werden sie nicht



zersetzt. Krystallisirte Silicate von der chem. Zus der Pyroxene sind öfters in Schlacken, welche sich in Hochöfen, in Kalk- und Cementöfen bilden, beobachtet worden. Die absichtliche Darstellnng durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile gelang Mitscherlich beim Diopsid, Dölter bei thonerdehaltigen Gliedern.

Um die Pyroxene bei der Mannigfaltigkeit ihres Aussehens und ihrer chem. Zus. nicht allzusehr zu zersplittern, theilt man dieselben blos in drei Gattungen.

Diopsid. Langsäulenförmige Krystalle, zuweilen wie Fig. 1 bis 3 oder derb, in breiten Individuen, auch stenglige und körnige Aggregate. Die derben Vorkommen zeigen oft eine schalige Zus. bald nach *a*, bald nach der Endfläche *c*. Dieselbe rührt von der Einschaltung höchst feiner Zwillingslamellen her.

Mischungen zweier Silicate: $CaMgSi_2O_6$ mit 25·9 Kalk, 18·5 Magnesia, 55·6 Kieselsäure und $CaFeSi_2O_6$ mit 22·6 Kalk, 29 Eisenoxydul, 48·4 Kieselsäure. Die opt. Orientirung und der Winkel der opt. Axen variiren je nach dem Verhältnis der Mischung. Für das erste Silicat ist $ac = 51°$, für das zweite 44°. Der positive Axonwinkel nimmt wie beim Bronzit mit dem Eisengehalte zu.

[1]) Die Figuren 1 bis 3 sind in der bei den monoklinen Krystallen gewöhnlich angenommenen Stellung, die übrigen (5 bis 12) aber in der rückwärtigen Ansicht, folglich so gezeichnet, dass nunmehr die obere Endfläche *c* nicht gegen den Beschauer, sondern rückwärts abfällt. Die dazu parallele Fläche $00\bar{1}$ wird nun am unteren Ende des Krystalles sichtbar.

Digitized by Google

Farblose oder weisse sitzende Krystalle selten, z. B. bei Rezhanya. Im Gestein eingeschlossen, besonders im körnigen Kalkstein, sind weisse bis graue oder grüne Krystalle oder Körner häufig: Salit, Baikalit, Malakolith. Nach Kalkowsky kommt Salit in manchem Gneiss und Hornblendeschiefer als Gemengtheil vor. Diopsid nennt man vorzugsweise die sitzenden blassgrünen bis lauchgrünen Krystalle, wie solche auf der Mussa-Alp in Piemont, bei Achmatowsk im Ural mit Klinochlor, Almandin etc. vorkommen, oder die graulichgrünen strahligen Aggregate (glasiger Strahlstein) aus dem Zillerthal, die auch oft Krystallendigungen zeigen.

Bisweilen finden sich körnige Aggregate: Kokkolith von weisser, lauchgrüner, pistazgrüner, auch schwärzlichgrüner Farbe, zuweilen schon ziemlich eisenreich. Beispiele liefern Arendal, Ershy, Rossie.

Das letzte Glied bildet der Hedenbergit, schwarz, derb, selten in Krystallen, das zweite Silicat fast rein darstellend. Tunaberg, Arendal.

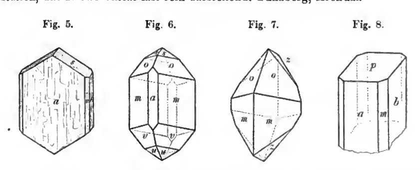


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

Die hellfarbigen Minerale dieser Reihe unterliegen oft der Umwandlung in Talk. Mancher Salit, mancher Malakolith ist weich. Dies entspricht nach H. Rose dem Beginn der Veränderung.

Diallag. Durch eine ungemein feinschalige Zusammensetzung parallel *a* ausgezeichnet. Auf dieser Fläche zeigt sich oft ein metallartiger Perlmutterglanz. Farbe graugrün, olivengrün, schwarzgrün, auch braun. Zuweilen dem Bronzit sehr ähnlich, doch von diesem leicht zu unterscheiden, weil die Diallagblättchen ein einziges Axenbild wahrnehmen lassen und ziemlich leicht schmelzbar sind. Früher wurde der dunkle Diallag auch oft für Hypersthen gehalten. Optisch wie Diopsid, jedoch sind oft Störungen bemerkbar. — Chem. Zus.: wie beim Diopsid, jedoch wird bisweilen ein geringer Thonerdegehalt gefunden.

Deutliche Krystalle sind selten, z. B. im Chloritgestein von Wildschönau in Tirol. Sie haben die Form wie in Fig. 5 mit stark entwickelter *a*-Fläche. Niemals wurden sitzende Krystalle gefunden. Zuweilen kommen grosse Individuen vor, z. B. bei Neurode in Schlesien, Prato bei Florenz. Der Diallag ist wesentlicher Gemengtheil des Gabbro, einer ziemlich verbreiteten, oft grobkörnigen Felsart, welche besonders im Bereiche der krystall. Schiefer auftritt. Die Individuen sind am Rande öfters mit Hornblende parallel verwachsen. Die Veränderungen des D. erfolgen wie beim Salit.

Augit. Krystalle gewöhnlich kurz, oft in der Grundmasse schwebend, Zwillinge nach a nicht selten. Einzelne Körner oder gestreckte Individuen, auch körnige Aggregate. Optisches Verhalten ähnlich wie beim Diopsid, Orientirung variabel.

Chem. Zus. mannigfaltiger, da zu den beiden Silicaten des Diopsides noch ein Alumosilicat $MgAl_2SiO_6 = MgO \,.\, Al_2O_3 \,.\, SiO_2$ beigemischt ist, ebenso die daraus abgeleiteten, in welchen Magnesia durch Eisenoxydul, Thonerde durch Eisenoxyd ersetzt erscheint. Demnach gibt die Analyse immer Thonerde, oft auch Eisenoxyd an.

Die lauchgrünen, pistazgrünen bis schwarzgrünen, meist sitzenden Krystalle von der Form wie in Fig. 6 und 7 und von ähnlichen Formen werden als Fassait (Pyrgom) bezeichnet. Sie finden sich unter den Contactbildungen im Fassathal, am Vesuv, bei Traversella etc. Den lauchgrünen Omphacit kennt man nur derb, mit schaliger Zusammensetzung, oft in Verwachsung mit grüner Hornblende, neben Granat im Eklogit des Fichtelgebirges, der Saualpe etc. Das

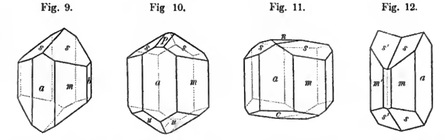


Fig. 9. Fig 10. Fig. 11. Fig. 12.

wichtigste Glied ist der gemeine Augit von tief lauchgrüner, schwarzgrüner bis pechschwarzer Farbe und muscheligem Bruche, zuweilen sitzende Krystalle von der Gestalt in Fig. 8, auch unregelmässige Körner bildend, wie auf der Eisenerzlagerstätte bei Arendal. Der vulkanische Augit erscheint in schwebenden dunklen Krystallen, welche im Dünnschliffe oft sehr durchsichtig werden. Die Formen in Fig. 9 bis 12 sind daran häufig zu sehen, die Zwillingsbildung nach a wie in letzter Figur ist nicht selten. Zuweilen werden lose Krystalle bei Eruptionen ausgeworfen und wieder von der Asche und dem Tuff der Vulkane umhüllt. Dieser Augit ist wesentlicher Gemengtheil vieler Eruptivgesteine wie Basalt, Melaphyr, Diabas. Er enthält häufig Einschlüsse, pag 112. Oft zeigt er die isomorphe Schichtung. Oefters beobachtet man die Umwandlung in Chlorit oder Grünerde, in Biotit, in Epidot; einige dem Talk und Serpentin ähnliche Umwandlungsproducte wurden Pikrophyll, Pyrallolith etc. genannt, ein erdiger Zersetzungsrest Cimolit. Verdrängung durch Kalkspath oder Opal, Chalcedon wird in manchem zersetzten Gestein wahrgenommen.

Der Pyroxen ist auch in manchen Meteorsteinen vertreten, doch enthält er dann weniger Kalk als der tellurische P.

Der Jeffersonit ist ein zinkhaltiger Pyroxen, der manganhaltige Schefferit dürfte auch hierher gehören.

Der blaue Violan von St.-Marcel soll vorherrschend aus einem Pyroxen bestehen. Eine besondere Abtheilung der Pyroxengruppe bilden einige Minerale, welche Alkalien enthalten.

Der Spodumen (Triphan), monoklin, in den Winkeln, Combinationen und der Spaltb. dem Pyroxen ähnlich, weiss bis grünlichgrau, H. = 6·5 . . 7, G. = 3·1, ist ein lithiumhaltiges Alumosilicat $Li_2Al_2Si_4O_{12}$. Insel Utöen, Norwich und Stirling in Massachussets. Der tiefsmaragdgrüne aus Nordcarolina wurde Hiddenit genannt. Der Sp. erfährt merkwürdige Umwandlungen in Albit, Mikroklin, Muscovit und lithiumhaltige Silicate. (Dana, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 5, pag. 191.)

Der Jadeit Damour's, jenes weisse oder grünliche durchscheinende Mineral, welches seit langer Zeit in China zu Tassen, Schmucksachen, Säbelgriffen, Statuetten etc. verarbeitet, in der Form von Steinbeilen und Amuleten in der Culturgeschichte Europas gefunden und noch bei den Indianern im Gebrauche angetroffen wird, ist nach einer Beobachtung von Descloizeaux, welcher im Spaltungswinkel und der optischen Orientirung Gleichheit mit Pyroxen fand, hierher zu rechnen. Deutlich krystallinisch bis dicht. H. = 6·5 . . 7, G. = 3·2 bis 3·3. Obwohl meist ein Gemenge, gibt er doch nahezu $Na_2Al_2Si_4O_{12}$, was ein dem Spodumen und Leucit entsprechendes Natriumsilicat ist. V. d. L. zu klarem Glase schmelzbar. Die wasserhaltigen Stücke sind leichter (G. = 3·0) und schmelzen zu Email.

Nach Fischer findet sich der J. unter Geröllen in Birma und mehreren Ländern Südasiens. In Europa wurde er noch nicht sicher beobachtet. Manches, was vermöge der Schmelzbarkeit noch zum J. gestellt wird, ist schon entschieden grün und enthält auch Kalk, Magnesia, Eisenoxydul (Chloromelanit). Früher wurden diese Minerale zum Nephrit gezählt. Der Kymatolith (Cymatolith), ein faseriges Umwandlungsproduct des amerikanischen Spodumens, hat die chemische Zusammensetzung des Jadeits.

Der Akmit (Aegyrin), grünlichschwarz oder bräunlichschwarz, isomorph mit Augit, ist wahrscheinlich $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$, also das dem vorigen entsprechende Eisenoxydsilicat. Leicht schmelzbar. Eger und Brevig in Norwegen, Montreal in Canada, in geringer Menge nach Becke bei Ditro in Siebenbürgen.

Schliesslich sind noch einige trikline dem Pyroxen verwandte Minerale anzuführen:

Der Babingtonit von pechschwarzer Farbe, ein Eisensilicat. Der Szaboit, welcher früher zu diesem gestellt wurde, ist nach Krenner Hypersthen.

Rhodonit (Kieselmangan, Mangankiesel, Pajsbergit), letzterer von rosenrother bis röthlichbrauner Farbe. Er ist vorherrschend Mangansilicat $MnSiO_3$, kommt derb in grösseren Mengen bei Katharinenburg vor, wo er in Sedelniko zu Vasen, Ornamenten etc. verarbeitet wird. Krystallisirt bei St.-Marcel in Piemont, Pajsberg in Schweden. Nahe verwandt ist der Fowlerit. Photicit, Allagit, Hydropit sind Gemenge mit vorwaltendem Rhodonit. Der Bustamit von Rezbanya, Monte Civillina, Campiglia etc. ist kalkhaltig.

Amphibolreihe. Spaltungswinkel circa 56°.

Anthophyllit. *Schumacher.*

Wenig verbreitet, aber wegen der Heteromorphie mit Bronzit bemerkenswerth. Bisher nur derb gefunden. Spaltungsprisma *m* von ungefähr 55°, eine unvollk. Spaltb. nach $b = (010)$ und eine schalige Zusammensetzung nach $a = (100)$. Platten parallel zu *a* zeigen im polarisirten Lichte zwei Ringsysteme, die auf ein rhombisches System schliessen lassen und optisch negativen Charakter angeben. H. = 5·5, G. = 3·2.

Chem. Zus. wie beim Bronzit einer isomorphen Mischung von $Mg\,SiO_3$ und $Fe\,SiO_3$ entsprechend, häufig mit einem Gehalt an Thonerde, an Wasser. V. d. L. wie Bronzit

Digitized by Google

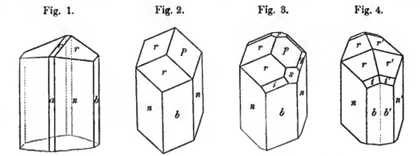
Bei Kongsberg in Norwegen das schönste Vorkommen, nelkenbraune, breitstenglige Aggregate mit Hornblende im Glimmerschiefer, bei Modum feinstenglig, bei Hermannschlag in Mähren und bei Dürrenstein in Niederösterreich, Schalen in den sogenannten Glimmerkugeln bildend, gelbgrau, radialfaserig, hier nach Becke aus Olivin entstanden.

Der Kupfferit enthält weniger Eisen als der A., während der Gedrit reicher an Eisen und Thonerde befunden wurde. Der erstere würde mehr dem Enstatit, der letztere dem Hypersthen entsprechen. Es gibt wohl auch Anthophyllit-Asbeste. Als Anthophyllit-Amphibol bezeichnet Descloizeaux ein Mineral, welches die chemische Zusammensetzung des A. mit der optischen Orientirung eines Amphibols vereinigen soll.

Amphibol, *Hauy.*

Wiederum ein gemeinsamer Name für mehrere eng verbundene isomorphe Gattungen, welche der Reihe nach jenen entsprechen, welche beim Pyroxen angeführt wurden.

Die Krystalle sind selten flächenreich. In der Zone des aufrechten Prisma sieht man gewöhnlich nur das charakteristische $n = (110) = 55° 49'$ und $b = (010)$,



seltener $a = (100)$. Die Endigung der Krystalle ist niemals spitz, gewöhnlich durch das flache Dach von $r = (011)$, auch $i = (031)$, ferner auch durch $p = \bar{1}01$ gebildet. Oefters treten $s = (\bar{1}21)$, $q = (\bar{2}11)$ hinzu, $c = (001)$ ist nicht häufig [1].

$011 : 0\bar{1}1$ ist nur $31° 32'$, Winkel $\bar{1}01 : \bar{1}10 = 76° 48'$, $\beta = 73° 58'$, nach Descloizeaux. A.V. $= 0{\cdot}5509 : 1 : 0{\cdot}2937$.

Zwillingsbildung nach a ist an schwebend gebildeten Krystallen nicht selten, Fig. 4. Ausser der vollk. Spaltb. nach n ist noch eine unvollk. nach b erkennbar. H. $= 5{\cdot}5$.

Optisch negativ, die Orientirung aber wie beim Pyroxen, nur ist der Winkel ac grösser. Spaltblättchen geben im polarisirten Lichte schiefe Auslöschung zur Kante nb und ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes. In allen deutlich gefärbten Exemplaren zeigt sich ein starker Pleochroismus, was u. d. M. ein gutes Unterscheidungsmerkmal gegenüber Pyroxen liefert. G. $=$ 2·9 bis 3·3.

[1]) Die Aufstellung ist so gewählt, dass die Flächen p bei Amphibol und Pyroxen gleiche Signatur erhalten.

Chem. Zus. einer Mischung von mehreren, oft thonerdehaltigen Silicaten entsprechend. V. d. L. sind alle Arten zu einem Glase schmelzbar, manche unter Blasenwerfen. Das Glas ist je nach dem Eisengehalte farblos, grün bis schwarz. Durch Säuren werden blos die eisenreichen Arten etwas zersetzt.

In künstlichen Schlacken hat man keine der Hornblende entsprechenden Krystalle gefunden, auch ist es bisher nicht gelungen, solche Krystalle durch Schmelzung darzustellen. Manche Amphibole sind secundäre Bildungen nach Olivin oder nach Angit.

Es ist wichtig zu bemerken, dass in den Meteoriten kein Repräsentant der Amphibole gefunden wird.

Die gewöhnlich angenommenen Abtheilungen sind:

Tremolit, *Saussure.* Langsäulenförmige Krystalle, entsprechend Fig. 1, strahlige, faserige bis dichte Aggregate, welche sich meistens im Bereiche der krystallinischen Schiefer finden. Weiss, grau, grün. G. = 2·9 bis 3·2.

Chem. Zus. einer isomorphen Mischung von

$Ca\,Mg_3Si_4O_{12}$ mit 13·4 Kalk 28·9 Magnesia 57·7 Kieselsäure und

$Ca\,Fe_3Si_4O_{12}$ „ 10·9 „ 42·2 Eisenoxydul 46·9 „ entsprechend.

Geringe Mengen von Thonerde, Natron, Fluor werden öfters gefunden. Der Winkel *a c* beträgt ungefähr 75°, der negative Winkel der optischen Axen von 88° verkleinert sich bei zunehmendem Eisengehalte (wie beim Bronzit und Diopsid). Parallele Verwachsung mit Salit kommt nicht selten vor.

Fig. 5.

Die hierher gehörigen weissen bis hellgrauen Minerale werden als Tremolit oder Grammatit bezeichnet. Sie kommen meist stengelig bis faserig im körnigen Kalk und Dolomit vor.

Der lauchgrüne bis dunkelgrüne Aktinolith oder Strahlstein, der besonders schön im Talk im Zillerthal gefunden wird, enthält schon eine merkliche Menge des eisenhaltigen Silicates.

Alle feinfaserigen Tremolite und Aktinolithe werden Asbest (Amiant, Byssolith) genannt. Oft werden sie aus dem Kalk herausgeätzt. Die Asbeste lassen sich wegen der Widerstandsfähigkeit gegen Hitze und Säuren beim Zusammenstecken von Dampfröhren oder für chemische Operationen verwenden, für Gespinnste sind sie aber zu spröde (s. Serpentinasbest). In den Alpen finden sich Tremolitschiefer und Aktinolithschiefer, doch nicht in grosser Mächtigkeit.

Die Umwandlung von Tremolit in Talk (pag. 302) ist eine häufige Erscheinung; der stenglige Talk und viele Talkschiefer scheinen auf diesem Wege gebildet zu sein.

Der Nephrit, welcher schon im Alterthume verarbeitet wurde, der oft in der Form von Steinbeilen in der Culturgeschichte Europas gefunden und noch gegenwärtig von den Eingebornen auf Neuseeland zu Waffen, Meisseln, Ohrgehängen, Amuleten, ferner im Orient zu Gefässen, Säbelgriffen etc. geschnitten wird, ist ein wirrfaseriger bis dichter Aktinolith. Berwerth konnte

Digitized by Google

den entsprechenden Spaltwinkel messen. Er ist sehr zähe durchscheinend, lauchgrün, grünlichgrau bis grünlichweiss, schwer schmelzbar und dadurch sogleich vom Jadeit zu unterscheiden, welcher früher damit vereinigt wurde. G. = 2 9 bis 3, H. = 5·5 . . 6. Die ursprüngliche Lagerstätte kennt man in Turkestan, China, auf Neuseeland; von Traube wurde eine solche bei Jordansmühl in Schlesien entdeckt.

Der Raphilit wurde als Aktinolith erkannt, der Kymatin (Cymatin) und der Pitkärandit scheinen auch dazu zu gehören.

Als Smaragdit bezeichnet man einen schön grasgrünen, spreuförmigen Aktinolith, welcher oft in Gabbro vorkommt und eine secundäre Bildung nach Olivin (Pilit Becke's) oder Diallag ist, ferner im Eklogit öfters mit Omphacit verwachsen erscheint. Zuweilen werden auch grüne Hornblenden Smaragdit genannt.

Hornblende. Blassgrün, tiefgrün bis schwarz. G. = 3·1 bis 3·3. Chem. Zus. einer isomorphen Mischung entsprechend, in welcher die beiden Silicate der Tremolitreihe, ferner zweierlei Alumosilicate vorkommen. Das eine ist noch nicht genauer bekannt, das andere folgt der Regel $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ (wie im Jadeit). Die Hornblenden enthalten demnach erhebliche Mengen von Thonerde und meistens Alkalien. Der wechselnden Mischnng entspricht die Variation der optischen Orientirung, indem der Winkel *ac* zwischen 70° und 88° schwankt, ferner auch der Winkel der optischen Axen verschiedene Grösse hat, so dass zwar die Mehrzahl der Hornblenden positiv, manche eisenreiche aber optisch negativ sind. Parallele Verwachsungen mit Diallag und mit Augit sind häufig. An Exemplaren vom Vesuv hat v. Rath erkannt, dass die Flächen *p* und *s* des Augits mit *p* und *s* der Hornblende fast genau parallel sind.

Der Pargasit ist eine blaugrüne bis tiefgrüne Hornblende, welche in kurzen Krystallen mit Phlogopit im körnigen Kalkstein bei Pargas in Finland und an mehreren Punkten in Nordamerika vorkommt, der Karinthin, eine dunkle Hornblende aus dem Eklogit der Saualpe in Kärnten.

Als gemeine Hornblende bezeichnet man die schwarzen sitzenden Krystalle, ferner die stengligstrahligen und körnigen Aggregate, welche als Gemengtheil in vielen krystallinischen Schiefern und alten Massengesteinen wie Syenit, Diorit verbreitet sind. Der Hornblendeschiefer oder Amphibolit besteht zum grössten Theil aus diesem Mineral.

Basaltische Hornblende heisst das Vorkommen der schwarzen Krystalle in jüngeren eruptiven Felsarten, wie Andesit, Trachyt, oder im Basalttuff. Die Krystalle sind meist kurz und von der Ausbildung, wie in Fig. 2, 3, 4, bisweilen aber auch lang, wie im Teschenit. Die Endigung der Krystalle wie Fig. 2 erinnert an Rhomboëder, weil die Kante $rr = 31°32'$ und $pr = 34°25'$. Daher wurde diese Hornblende von den Mineralogen vor Werner für eine Art Schörl gehalten.

Eine häufige Erscheinung ist die Umwandlung der Hornblende zu Biotit. Im Centralgneiss der Tauern ist diese Pseudomorphose weit verbreitet. Oefters liefert Hornblende theilweise den Stoff zur Entstehung des Epidots.

Als Uralit bezeichnete G. Rose Krystalle von Augitform, welche im Augitporphyr am Ural, in Norwegen, Südtirol etc. vorkommen und beim Zerschlagen viele feine Hornblendefasern in paralleler Stellung zur äusseren Form erkennen lassen. Es ist eine homoaxe Pseudomorphose (pag. 121). Etwas Aehnliches ist der Traversellit Scheerer's.

Digitized by Google

Breislackit (haarförmig), Kokscharowit, Cummingtonit sind Hornblenden. Der Cossyrit von Pantellaria, der Hornblende sehr ähnlich, ist nach Förstner triklin.

Die Amphibolgruppe umfasst ebenfalls Glieder, welche reich an Alkalien sind:

Der Glaukophan Hausmann's, blaugrau, lavendelblau bis schwärzlichblau, stenglig, das Spaltungsprisma *n*, zuweilen auch *b* und *a* zeigend. H. = 6 . . 6·5. G. = 3 bis 3·1. Optisch wie Hornblende, mit schönem Pleochroismus. Vorherrschend aus dem Silicat $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ bestehend (welches in der Hornblende untergeordnet, im Jadeit rein vorkommt). V. d. L. leicht schmelzbar, durch Säure nicht zersetzbar. In Glimmerschiefer und Gneiss auf der Insel Syra und auf Euböa, hier von Becke als mikroskopischer Gemengtheil gefunden, auf der Insel Groix, Bretagne, bei St. Marcel in Piemont (Gastaldit Strüver's).

Der Arfvedsonit Brooke's, rabenschwarz, von der Spaltb. und dem optischen Verhalten der Hornblende. H. = 6, G. = 3·4 bis 3·6. Vorherrschend aus einem Eisen- und Natriumsilicat bestehend, jedoch nach Berwerth, Dölter und Loreuzen nicht dem Akmit gleich, sondern mit viel Eisenoxydul.

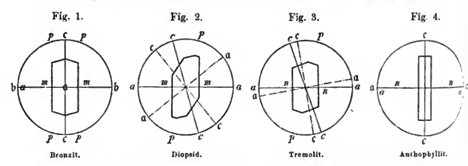
Kangerdluarsuk in Grönland, Fredriksvärn in Norwegen, Pikes Peak in Colorado.

Der Krokydolith Hausmann's, indigblau oder braun, parallelfaserig mit sehr zähen Fasern, ist ein Arfvedsonit-Asbest. Mit Magnetit am Orange-River im Capland. Der braune wird gegenwärtig unter dem Namen Tigerauge zu Schmucksachen verwendet. Das blaue faserige Mineral im sog. Sapphirquarz von Golling wird für K. gehalten.

Zur Amphibolgruppe rechnet man auch den Hermannit $MnSiO_3$ (also wie Rhodonit), den Richterit, ebenfalls manganhaltig, den Grunerit $\dot{F}eSiO_3$.

Beziehungen zwischen der Pyroxen- und Amphibolgruppe. (Autor i. d. Mineralog. Mitth. 1871, pag. 17. Groth, Tab. Uebersicht, pag. 102.)

Da der Unterschied in der chem. Zus. beider Gruppen ein geringer, bei manchen Gliedern, wie Bronzit und Anthophyllit, sogar null ist, da ferner nach



Bronzit. Diopsid. Tremolit. Anthophyllit.

den Versuchen von Mitscherlich, Berthier, G. Rose aus geschmolzener Hornblende Krystalle von Augitform erhalten werden, so lag es nahe, die Gattungen beider Gruppen von einem und demselben Typus abzuleiten. Die neueren Messungen haben überdies gezeigt, dass die Krystallformen geometrisch wenig von einander abweichen, obwohl rhombische und monokline Minerale verglichen werden. Wofern das Amphibolprisma $n = (210)$ gesetzt und überall $p = 102$ genommen wird, so hat man:

Bronzit,	Axenverhältnis	$a:b:c = 1·0295:1:0·5868$	$\beta = 90°$
Pyroxen,	„	„ $= 1·0585:1:0·5942$	$= 89°38'$
Amphibol,	„	„ $= 1·0581:1:0·5926$	$= 89°25'$
Anthophyllit,	„	„ $= 1·05\ :1:$	$= 90°$

Die optische Aehnlichkeit geht aus dem Vergleiche vorstehender vier Figuren hervor. Nur im Bronzit weicht die Axenehene ab, jedoch nähert sich c in allen der aufrechten Krystallaxe oder ist ihr parallel, Diopsid und Tremolit sind in der Orientirung nur wenig unterschieden. Trotzdem zeigt sich eine scharfe Trennung der beiden Gruppen durch die Spaltharkeit und die Ausbildung der Krystalle. Der Grund liegt wahrscheinlich darin, dass den Amphibolen eine grössere Krystallmolekel zukommt, und zwar nach der Ansicht des Autors eine doppelt so grosse als den Pyroxenen. Dies kann auch durch die chemische Formel angedeutet werden, wie folgende Uebersicht ergibt:

$Mg_2Si_2O_6$ Bronzit	$Mg_4Si_4O_{12}$ Anthophyllit
$CaMgSi_2O_6$ Diopsid	$CaMg_3Si_4O_{12}$ Tremolit
$NaAlSi_2O_6$ Jadeit	$Na_2Al_2Si_4O_{12}$ Glaukophan
$NaFeSi_2O_6$ Akmit.	

Leucitgruppe.

Eine kleine Anzahl von Mineralen von hexagonaler, tesseraler oder mimetisch tesseraler Form, im reinen Zustande farhlos oder weiss, doch oft durch Einschlüsse gefärht, selten deutliche Spaltb. zeigend. Sie sind Natron oder Kali enthaltende Alumosilicate ohne Magnesia und Eisen, durch Säuren vollkommen zersetzhar, spielen zum Theile in Felsarten eine Rolle.

Sodalith, *Thomson.*

Tesseral, meist (110) und auch mit (100) combinirt. Spaltb. undeutlich nach (100). H. = 5·5. Farblos und weiss, abor oft auch gelblich, grau, grünlich, lasurblau, oft reich an mikrolithischen Einschlüssen. Durchscheinend. G. = 2·1 bis 2·3.

Chem. Zus.: $3\,Na_2Al_2Si_2O_8 + 2\,NaCl$. V. d. L. schmilzt er ruhig oder unter Aufblähen zu farhlosem Glase, mit Salzsäure hehandelt liefert er Kieselgallerte. Schöne Exemplare kommen von Brevig, aus Grönland, hlaue vom Ilmengebirge und von Ditro in Siebenbürgen aus einer syenitähnlichen Felsart. Der vulkanische Sodalith findet sich in schönen Krystallen am Vesuv.

Der grane, grünliche his schwarze Nosean Klaproth's, wie der vorige tesseral und diesem ähnlich, ist oft ganz voll von Einschlüssen, enthält dasselbe Silicat, jedoch mit Na_2SO_4 verhunden. Vom Laachersee, Rieden etc. bekannt, nach Zirkel Gemengtheil vieler Phonolithe.

Der Hauyn gleichfalls (110) zeigend, etwas schwerer (G = 2·4 bis 2·5), ist gewöhnlich blau, selten schwarz oder roth, sehr selten farhlos (Berzelin), enthält auch etwas Kalk. Vesuv, Alhanergehirge, Niedermendig, hier und am Vultur bei Melfi in Lava. Der Ittnerit und Skolopsit sind hierhergehörige zersetzte Minerale.

Der Lasurstein (Lapis Lazuli), selten krystallisirt wie Sodalith, hat eine prachtvolle lasurblaue Farbe, die von einer Beimengung herrührt. Letztere soll nach W. Stein Schwefelaluminium sein. Die chem. Zus. steht im Uebrigen zwischen der des Noseans und Nephelins V. d. L. entfärbt er sich und schmilzt zu weissem, blasigem Glase. Durch Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Gallerthildung zersetzbar.

Findet sich mit Pyrit und Kalkstein verwachsen am Baikalsee, in Sibirien, der Tatarei, Bucharei, in Chile. Wurde von den Alten, welche das hlaue Mineral, in dem Pyritkörnchen liegen, mit dem Sternenhimmel verglichen, zum Sapphir gezählt. Der Lasurstein wurde früher und wird auch jetzt noch zu Ornamenten und zu Steinmosaik verwendet. Ehedem wurde das Pulver

als Malerfarbe (echtes Ultramarin) benutzt. Dies ist nunmehr durch das künstliche Ultramarin, welches man ebenso schön und viel wohlfeiler darstellt, verdrängt. (Vogelsang, die natürlichen Ultramarinverbindungen. Amsterdam 1873. W. Stein, Journ. f. prakt. Chem. 1871.)

Nephelin.

Bildet Krystalle von hexagonaler Form, Prisma und Basis, öfters auch die Pyramide zeigend, an welcher die Mittelkante 91° 50′ hätte. Bisweilen sieht man auch flächenreiche Combinationen. Spaltb. nach Prisma und Basis. H. = 5·5 .. 6. Nach Baumhauer's Aetzversuchen wären die Prismenflächen asymmetrisch. Glasglanz, auf den Bruchflächen Fettglanz, Doppelbrechung negativ. G. = 2·6.

Chem. Zus.: nach Scheerer's Analysen $3\,Na_2O\,.\,K_2O\,.\,4\,Al_2O_3\,.\,9\,SiO_2$, also wenig verschieden von dem Silicat des Sodalithes. V. d. L. schmilzt er zu blasigem Glase, durch Salzsäure wird er unter Gallerthildung zersetzt.

Der vulkanische Nephelin kommt in farblosen oder weissen sitzenden Krystallen, welche kleine Drusen bilden, am Vesuv, im Albanergebirge etc. vor; die eingeschlossenen Krystalle, öfters von grauer Farbe, sind ein wesentlicher Gemengtheil der Nephelinite bei Meiches in Hessen, am Katzenbuckel im Odenwalde, ferner des Nephelinbasaltes und der entsprechenden Laven, sowie des Phonolithes.

Frische grosse Krystalle und eingesprengte Individuen von auffallendem Fettglanz und grüner, auch rother Farbe, als Eläolith bezeichnet, finden sich im Syenit von Fredriksvärn in Norwegen, Miask am Ural, Ditro in Siebenbürgen, Hotsprings in Arkansas.

Der Nephelin erfährt öfters die Umwandlung zu Natrolith. Man kennt auch Pseudomorphosen (Liebenerit), welche als Bildungen von Muscovit nach Nephelin betrachtet werden.

Der Eucryptit, welchen Brush und E. Dana unter den Umwandlungsproducten des Spodumens beobachteten, scheint ein Lithion-Nephelin zu sein.

Der Davyn vom Vesuv ist ein Nephelin mit wesentlichem Gehalt an CaO und CO_2, ebenso der Cancrinit von Miask, Litchfield, Ditro.

Der Mikrosommit Scacchi's vom Vesuv enthält keine CO_2, dagegen Chlor als wesentlichen Bestandtheil (Rauff, Zeitschr. Kryst. Bd. 2, pag. 468).

Leucit, *Werner*, Amphigen, Hauy.

Als vulkanisches Product, welches von den Vesuvlaven emporgebracht wird, und durch die Mimesie merkwürdig.

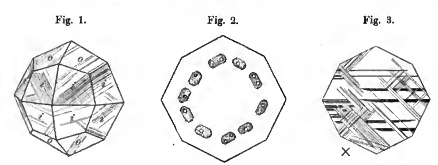
Die Form der Krystalle ist fast genau diejenige des Ikositetraëders, daher der Leucit für tesseral gehalten wurde, bis G. v. Rath durch Messungen zeigte, dass die Krystalle mimetische seien, indem sie aus vielen Lamellen bestehen, welche jenen Richtungen parallel gestreckt sind, die bei tesseraler Auffassung dem Rhombendodekaëder entsprechen würden. Nach v. Rath ist die Grundform tetragonal, $o = (111)$, während $i = (421)$ wird und die Zwillingsebene einer verwendeten Pyramide (201) entspricht. (S. pag. 93.) Baumhauer bestätigte diese Auffassung durch Beobachtung der Aetzfiguren. A.V. = 1 : 0·5264. Nach Weisbach wäre die Grundform rhombisch, nach Mallard monoklin.

Digitized by Google

Keine deutliche Spaltb. Muschelige Bruchflächen mit Fettglanz. H. = 5·5 . . 6. Im polarisirten Lichte zeigen die Platten blos schwache Doppelbrechung, jedoch meistens deutlich die polysynthetische Zusammensetzung, z. B. wie in Fig. 3. Durch Erhitzen in der Flamme werden dünne Plättchen isotrop (pag. 205). G. = 2·5.

Chem. Zus. $K_2Al_2Si_4O_{12}$, entsprechend 21·5 Kali, 23·5 Thonerde, 55 Kieselsäure. Oefters wurde auch Natron gefunden. Die Formel entspricht dem Spodumen und Jadeit, woraus der Zusammenhang mit der vorigen Gruppe ersichtlich. Im Leucit fand Klaproth zum erstenmal Kali als Bestandtheil eines Minerals. Man hatte es bis dahin blos in Pflanzenstoffen gefunden.

V. d. L. ist der L. unschmelzbar, mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht, wird er schön blau, durch Salzsäure wird er unter Abscheidung von Kieselpulver zersetzt. Durch Zusammenschmelzen der entsprechenden Stoffe stellte Haute-


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

feuille Krystalle von der Beschaffenheit des L. dar, ebenso Eisenleucit, d. i. doppeltbrechende Krystalle, welche statt der Thonerde Eisenoxyd enthielten. Ueber Fouqué's Versuche pag. 260.

Der L. findet sich in schwebend gebildeten Krystallen als wesentlicher Gemengtheil der Vesuvlaven, ebenso der Lava in der Umgebung Roms, der Roccamonfina, des Kaiserstuhls bei Rieden, ferner in kleinen mikroskopisch erkennbaren Krystallen in vielen Basalten und manchen Phonolithen. Bei Eruptionen des Vesuv fallen öfters lose Krystalle mit der Asche nieder. Alle diese Leucite sind grau, weiss, gelblich, haben zumeist matte Flächen und lassen von der Lamellenzeichnung nichts wahrnehmen. Im Inneren zeigen sie oft regelmässig orientirte Einschlüsse, wie in Fig. 2. (Vergl. pag. 111.) Sitzende, fast wasserhelle Krystalle mit glänzenden fein liniirten Flächen werden zuweilen in Auswürflingen der Somma beobachtet, kleine sitzende Kryställchen als pneumatolytisches Product in Spalten der Lava.

Der L. bietet einige sehr interessante Umwandlungen. Am häufigsten ist jene zu Analcim. Die Pseudomorphose ist weiss oder gelblich, erdig. Lemberg hat die Veränderung nachgeahmt, p. 299. Am Vesuv beobachtete man Pseudomorphosen, die ein Gemenge von Sanidin und Nephelin darstellen, bei Oberwiesenthal im Erzgebirge grosse Pseudomorphosen, aus Orthoklas bestehend.

Die aus Lemberg's Versuchen erkannte auffallende Veränderlichkeit macht es erklärlich, dass in älteren Eruptivgesteinen kein Leucit wahrgenommen wird.

(Rath, Jahrb. Min. 1873, pag. 113. Weisbach, ebend. 1880. I. 143. Mallard, Ann. mines 1877. Baumhauer, Zeitschr. Kryst. I. 257. Lemberg, Zeitschr. geol. Ges. 1876, pag. 538.)

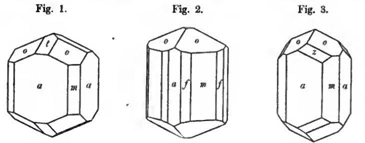
Der seltene tesserale Pollux aus dem Granit von Elba ist hauptsächlich wie ein cäsiumhaltiger Leucit zusammengesetzt, enthält jedoch über 2 Percent Wasser.

Werneritgruppe.

Tetragonale spaltbare, nicht sehr verbreitete Minerale, welche im reinen Zustande meistens farblos oder weiss, seltener anders gefärbt erscheinen. Sie sind Alumosilicate, welche Kalk und fast immer auch Alkalien enthalten. Viele sind durch Säure zersetzbar. Einige finden sich als Nebengemengtheil in Felsarten.

Skapolith, *Werner.*

Die säulenförmigen Krystalle im Allgemeinen sitzend ausgebildet, zeigen in der Regel einfache Combinationen: das Prisma $m = (110)$ und $a = (100)$ mit



der Pyramide $o = (111)$ und auch der Deuterop. $t = (101)$. Zuweilen treten auch die Flächen z (311) und das Prisma $f = (210)$ auf. Aus der Vertheilung der letzteren, der Form der Subindividuen und Aetzfiguren ergibt sich die pyramidale Hemiëdrie, vergl. Fig. 3.

Die Neigung von 111 gegen $1\bar{1}1$ ist 44°, zu 110 ist sie 58° und zu 100 = 68°. A.V. = 1:0·441. Die Doppelbrechung ist negativ, schwach. G. = 2·6 bis 2·76.

Die chem. Zus. entspricht, wie der Autor zeigte, einer isomorphen Mischung zweier Silicate, wovon das erste:

4 $CaO \cdot 3\,Al_2O_3 \cdot 6\,SiO_2$ mit 25·1 Kalk, 34·6 Thonerde, 40·3 Kieselerde, das zweite: $3\,(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6\,SiO_2) + 2\,NaCl$ mit 11 Natron, 18·3 Thonerde, 63·8 Kieselerde und 6·9 Chlornatrium. Der Chlorgehalt ist lange übersehen worden. So verschieden die beiden Silicate sind, so erscheinen sie doch atomistisch gleichartig (s. pag. 252), wenn die erste Formel verdoppelt wird:

$Ca_8Al_{12}Si_{12}O_{50}$ Mejonitsilicat

$Na_8Al_6Si_{18}O_{48}Cl_2$ Marialithsilicat.

Geringe Mengen von Eisen, Magnesia, Kali rühren entweder von Einschlüssen oder diese sammt der Kohlensäure und dem Wasser, welches viele Skapolithe

liefern, von eingetretenen Veränderungen her. V. d. L. schmelzen die Skapolithe unter Aufschäumen zu blasiger Masse. Durch Salzsäure werden die kalkreichen leicht, die natronreichen schwer zersetzt.

Die Mehrzahl der Arten finden sich im körnigen Kalkstein an der Grenze gegen Silicatgesteine, im Gebiete der krystallinischen Schiefer, in diesen selbst erscheint der Skapolith nur selten. Einige Arten bilden sitzende, wasserklare Krystalle in vulkanischen Auswürflingen und Hohlräumen eruptiver Massen.

Da die Skapolithe eine isomorphe Reihe bilden, so lässt sich eine Dreitheilung vornehmen.

Mejonit. Kieselerde 40 bis 48 Percent. Durch Säure unter Gallertbildung zersetzbar.

Die farblosen oder weissen sitzenden Krystalle, welche in Silicatblöcken der Somma am Vesuv gefunden werden, ebenso jene vom Laachersee bezeichnet man mit diesem Hauy'schen Namen. Die gleich zusammengesetzten und in der Reihe folgenden trüben Krystalle, die oft grau, grünlich, auch blau gefärbt sind, bei Pargas, Bolton u. s. w. vorkommen, können unter dem Namen Wernerit zusammengefasst werden.

Die Namen Paranthin, Nuttalit, Strogonowit, Glaukolith (blau) sind vorzugsweise auf Skapolithe dieser Abtheilung angewandt worden: Algerit, Wilsonit bezeichnen veränderte Sk.

Mizzonit, Kieselerdegehalt 48 bis 56 Percent Durch Säure unvollkommen zersetzbar.

Die wasserhellen Krystalle vom Vesuv und vom Laachersee wurden durch G. v. Rath mit diesem Namen belegt. S. Fig. 2. Dünne durchsichtige Prismen im körnigen Kalk bei Arendal, grosse durchscheinende Krystalle vom Gouverneur in New-York, weisse von Malsjö, Pargas, Bolton etc. haben die gleiche Zusammensetzung oder entsprechen dieser Abtheilung. Für solche Vorkommen könnte der Name Skapolith beibehalten werden.

Für manche hierhergehörige Minerale gelten die Namen Ekebergit, Atheriastit, Paralogit. Der Passauit (Porzellanspath) ist ein derbes Vorkommen von Hafnerzell bei Passau. Der Dipyr und Prehnitoid stehen auf der Grenze zur dritten Abtheilung. Ein zugehöriges verändertes Mineral ist der Couseranit.

Marialith v. Rath. Kieselerde 56 bis 64 Percent. Durch Säure nicht zersetzbar.

Kleine wasserhelle Prismen in einem Piperno genannten Eruptivgestein bei Neapel, grosse trübe Krystalle dieser Abtheilung bei Bolton, Solberg, Ripon.

Die Skapolithe unterliegen sehr häufig der Umwandlung in andere Silicate. Die Verwandlung in Epidot kennt man von Arendal. Der Vergleich der Formel des Mejonitsilicates: $4\,CaO \,.\, 3\,Al_2O_3 \,.\, 6\,SiO_2$ mit jener des Epidots, wofern vom Eisen abgesehen wird: $H_2O \,.\, 4\,CaO \,.\, 3\,Al_2O_3 \,.\, 6\,SiO_2$ zeigt die Einfachheit des Vorganges an. Eine andere Pseudomorphose ist jene von Kragerö, welche die Veränderung zu Albit ergibt. Wiederum folgt aus dem Vergleich der Formel des Marialithsilicates: $3\,(Na_2Al_2Si_6O_{16}) + 2\,Na\,Cl$ und jener des Albits $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ die Möglichkeit der Erscheinung. Eine dritte Verwandlung ist jene in Biotit bei Arendal, Bolton etc., in Muscovit bei Pargas. Es genügt hier darauf hin-

Digitized by Google

zuweisen, dass die Feldspathe, wie Albit etc., öfters derselben Umwandlung unterliegen. Gewöhnlich erweisen sich die veränderten Skapolithe als Gemenge mehrerer Minerale. Sie sind weich und enthalten grössere Mengen von Wasser und Kohlensäure. Die Form der Skapolithe wurde von Kokscharow, Brezina, v. Rath, ihre Zusammensetzung und Umwandlung von diesem, sowie von Bischof, Scheerer und dem Autor behandelt (Sitzber. d. Wiener Akad. Bd. 88, I. Abth. 1883).

Der Sarkolith vom Vesuv, in kurzen tetragonalen Krystallen, ist reicher an Kalk als der Mejonit.

Zur Werneritgruppe zählen manche Mineralogen auch noch folgende zwei tetragonale Silicate:

Melilith (Humboldtilith, Sommervillit), gelblich, graubraun. Kurze Krystalle, gleichfalls kalkreicher als Mejonit, aber auch Magnesia und Eisen enthaltend. Durch Salzsäure gelatinirend. Vesuv, Capo di Bove bei Rom, als accessorischer Gemengtheil in Laven der Eifel und manchen Basalten.

Gehlenit, kurze Säulchen, (110) und (001), berggrün bis leberbraun. Chem. Zus. beiläufig $3 CaO . Al_2O_3 . 2 SiO_2$, jedoch mit etwas Magnesia und Eisen. Durch Salzsäure gelatinirend. Contactmineral, am Monzoni, derb bei Orawitza. Manche tetragonal krystallisirte Schlacken haben eine ähnliche Zusammensetzung wie Melilith oder Gehlenit.

Feldspathgruppe.

Die wichtigsten aller Silicate. Die Form ist monoklin oder triklin, im reinen Zustande sind sie farblos. H. = 6 bis 6·5. Alle haben zwei Richtungen vollkommener Spaltbarkeit, schmelzen v. d. L. unter Flammenfärbung zu Glas oder Email. Sie sind Alumosilicate von Kali, Natron, Kalk (selten auch von BaO). Da die grössten Massen der krystallinischen Silicatgesteine vorwiegend aus Feldspathen bestehen, im Thon und Thonschiefer ebenfalls Feldspathe im zerkleinerten Zustande enthalten sind, so bilden die Feldspathe einen sehr grossen Theil der Erdrinde. Dennoch waren dieselben im Alterthum unbekannt und wurden erst im vorigen Jahrhundert einigermassen von den übrigen Mineralen unterschieden.

Nach dem Spaltwinkel und der chemischen Beschaffenheit zerfallen sie in zwei Abtheilungen.

a) Orthoklastische F. Spaltwinkel 90° oder wenig davon abweichend, nämlich 89° 40′ (Kalifeldspathe).

Orthoklas, *Breithaupt.*

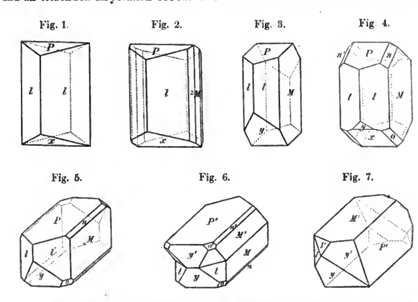
Monoklin, die Krystalle haben einen säulenförmigen Typus, indem das Prisma $l = (110)$ oft auch die Längsfläche $M = (010)$ herrschen und die Endigung durch $x = (\bar{1}01)$ und die Endfläche $P = (001)$ gebildet wird, oder indem diese und M vorherrschen. Häufig sind ausserdem $y = (\bar{2}01)$, $n = (021)$, $o = (\bar{1}11)$ auch $z = (130)$.

Die Fläche P weicht von der aufrechten Axe um 63° 53′, die Fläche x um 65° 47′ ab, daher die Formen in Fig. 1 und 2 an rhombische Combinationen erinnern. Die wichtigsten Normalenwinkel sind:

$l : l = 110 : 1\bar{1}0 = 61^\circ 12'$ $P : l = 001 : 110 = 67^\circ 44'$
$l : M = 110 : 010 = 59^\circ 24'$ $x : l = 10\bar{1} : 110 = 69^\circ 19'$
$P : x = 001 : \bar{1}01 = 50^\circ 20'$ $x : o = 10\bar{1} : 11\bar{1} = 26^\circ 53'$
$P : y = 001 : \bar{2}01 = 80^\circ 23'$ $y : y' =$ in Fig. $6 = 19^\circ 14'$
$P : n = 001 : 021 = 44^\circ 57'$ $y : y' =$ „ „ $7 = 13^\circ 34'$
A. V. $= 0{\cdot}6586 : 1 : 0{\cdot}5558$, $\beta = 63^\circ 53'$ nach Descloizeaux.

Zwillingsbildungen sind häufig. Sie folgen gewöhnlich einem der drei nachstehenden Gesetze:

a) Zwillingsebene die Endfläche *P*. Das sogenannte Manebacher Gesetz. Ein Beispiel gibt Fig. 6. Derlei Zwillingsbildungen werden an eingeschlossenen und an sitzenden Krystallen beobachtet.


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

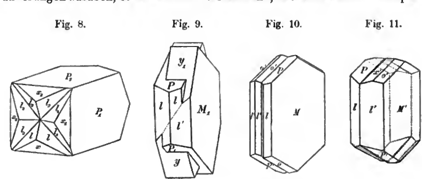
b) Zwillingsebene eine Fläche *n*. Das sogenannte Bavenoer Gesetz. Einen Zwillingskrystall dieser Art stellt Fig. 7 dar. Sowohl sitzende, als auch manche eingeschlossene Krystalle zeigen solche Bildung. Da *P* : *n* fast genau 45°, so bilden *P* des einen und *P'* des anderen Individuums ziemlich genau 90°. Durch Fortsetzung derselben Zwillingsbildung entstehen Wendezwillinge wie in Fig. 8. Man kann dieselben auch durch das Zusammentreffen der Bildung nach dem Bavenoer und Manebacher Gesetze erklären.

c) Zwillingsaxe die *c*-Axe. Das sog. Karlsbader Gesetz, vorzugsweise an eingeschlossenen Krystallen verwirklicht, wie z B. an Krystallen, welche Fig. 9 darstellt. Weil an diesem Penetrationszwilling meist ein Individuum aus dem anderen auch seitlich hervorragt, so kann man zwei Fälle unterscheiden, je nachdem die beiden einander die Flächen 010 oder 0$\bar{1}$0 zukehren. Berührungszwillinge nach demselben Gesetze sind in Fig. 10 und 11 dargestellt. An gehäuften Zwillingsbildungen sieht man auch öfters das Karlsbader und das Bavenoer

Gesetz zugleich verwirklicht. Seltener vorkommende Zwillingsbildungen erfolgen nach *l*, *z*, *y*, *o* etc.

Spaltb. nach *P* und *M* sehr vollk. *P* zeigt öfters Irisiren oder auch Perlmutterglanz. Eine unvollk. Spaltb., die bisweilen nach einer der beiden Flächen *l* beobachtet wurde, gab früher Anlass zu der Vermuthung, dass diese Flächen physikalisch ungleichartig seien, indess dürften jene Beobachtungen sich nicht auf Orthoklas, sondern auf Mikroklin oder eine Verwachsung dieser beiden beziehen. H. = 6. Bruch muschelig. Optisch negativ. In Spaltblättchen parallel *M* weicht die eine Auslöschungsrichtung von der Kante *PM* nur um 5° 18′ und von der Kante *lM* um 69° 11′ ab (f. rothes Licht). Die optische Orientirung und Dispersion wurden pag. 195 angegeben. Da dieselben durch Erhitzen verändert werden (vergl. pag. 205) und auch Druckänderungen ähnlichen Einfluss wie Temperaturänderungen ausüben, so ist es nicht überraschend, dass an manchen Exemplaren

Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.



das opt. Verhalten von dem dort angeführten abweicht, indem nun die A E. parallel zur Symmetrieebene liegt. G. = 2·53 . . 2·60.

Chem. Zus.: $K_2Al_2Si_6O_{16}$ oder $K_2O . Al_2O_3 . 6 SiO_2$, entsprechend 16·9 Kali, 18·5 Thonerde, 64·6 Kieselerde, jedoch ist häufig ein Natrongehalt vorhanden, welcher von der Verbindung $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ herrührt. Dieser entsprechen 11·8 Natron, 19·6 Thonerde, 68·6 Kieselerde. Die Beimischung des letzteren Silicates ist theils eine innige (isomorphe), theils eine sichtbare, welche sich u. d. M. als Durchwachsung von Albitlamellen kundgibt, pag. 112. Kleine Mengen von Kalk rühren öfters von beigemengtem Plagioklas her, Eisen, Magnesia von fremden Einschlüssen, Wasser von diesen oder von beginnender Veränderung. Der zuweilen gefundene geringe Barynmgehalt lässt auf eine Beimischung von Baryumfeldspath schliessen.

V. d. L. schmilzt der O. schwierig zu einem trüben Glase. Durch Säure wird er nicht zersetzt.

Die Wichtigkeit der Feldspathe liess eine Darstellung von Krystallen dieser Zusammensetzung sehr lohnend erscheinen, doch erhielt Mitscherlich bei seinen Schmelzversuchen immer nur glasartige Producte. Gleichwohl hatten Hausmann, Freiesleben, Heine u. A. dem Orthoklas entsprechende Krystalle als zufälliges Product in Zink- und Kupferöfen, z. B. bei Sangerhausen gefunden. Später ver-

mochte jedoch Hautefeuille durch Anwendung von wolframsaurem Natron als Flussmittel kleine Krystalle zu erhalten. Friedel und Sarasin, Fouqué und Lévy haben Versuche in anderer Richtung angestellt, pag. 261.

Der Orthoklas bildet sich zuweilen durch Umwandlung aus Laumontit, Prehnit, Analcim (Haidinger), aus Leucit (Scacchi). Eine Verdrängungs-Pseudomorphose nach Calcit, welche Blum beobachtete, bestand aus dichtem O. und Quarz, sogenanntem Feldstein.

Man unterscheidet *A)* gewöhnliche und *B)* vulkanische Arten.

A) Die auf Spalten der altkrystallinischen Silicatgesteine vorkommenden durchsichtigen bis durchscheinenden sitzenden Krystalle werden Adular genannt. Sie folgen meist den in Fig. 1, 2 dargestellten Typen; Zwillinge wie in Fig. 6, 7, 8 kommen öfter vor. Manche Krystalle sind grün durch eingeschlossenen Chlorit. In der Richtung normal zu (100) zeigt sich oft ein blaulicher Lichtschein (Mondstein). In chemischer Beziehung sind die klaren Krystalle einfach, sie enthalten fast nur das Kalisilicat. In Drusenhöhlen in Granit und Gneiss trifft man gewöhnlich trübe Krystalle, die meist schon als Orthoklas bezeichnet werden. Sie zeigen die Formen in Fig. 2, 4, 7, 11. An letzteren Zwillingen fallen bisweilen *P* und *x'* in eine Ebene, während sie nach der Berechnung um 2° abweichen sollten. Die Verwachsung mit Albit, bei welcher die beiden Minerale die Zone *Ml* gemeinschaftlich haben, kommt nicht selten vor. Siehe die Figuren bei Albit. Die Schweizer und Tiroler Alpen liefern schöne Stufen von Adular, oft mit Bergkrystall, Kalkspath etc., die letzteren mehr trüben Krystalle kommen in ausgezeichneter Bildung von Hirschberg und Striegau in Schlesien, Elba, Baveno am Lago maggiore. In dem, wenn auch sparsamen Vorkommen von Adular auf Erzgängen, z. B. bei Felsőbánya, hat man zuerst einen Beweis der Bildung aus wässerigen Lösungen erblickt, noch mehr in dem von Breithaupt Paradoxit genannten Vorkommen auf Spalten im Porphyrconglomerat bei Euba in Sachsen. Gegenwärtig erscheint aber diese Bildungsweise nicht mehr paradox.

Orthoklas. Weiss, röthlich bis fleischroth, gelblich, grünlich, grau. Grosse, schwebend gebildete Krystalle von den Formen in Fig. 3, 4, 5. Zwillinge wie in Fig. 6, 9 u. 10 treten öfters als Gemengtheil im porphyrartigen Granit und Gneiss, kleinere im Quarzporphyr auf. Bei der Verwitterung des Gesteines fallen die grossen aus dem Gestein und werden oft beim Pflügen aus dem Untergrund hervorgebracht, so in der Gegend von Karlsbad. In manchem Granit, Syenit und Gneiss bildet der Feldspathgemengtheil grosse Individuen ohne Formausbildung, Pegmatolith Breithaupt's. Dieselben sind nur selten durchsichtig, mit blaulichem Lichtschein (Mondstein) oder mit Farbenwandlung auf (100), wie der von Breithaupt Mikroklin genannte Feldspath von Fredriksvärn in Norwegen. Die grossen Individuen enthalten oft Lamellen von Albit oder Oligoklas, wie in Fig. 226 auf pag. 112, z. B. der von Arendal. Im Perthit von Perth in Canada ist die Verwachsung besonders deutlich. Mancher Orthoklas ist schon sehr reich an dem beigemischten Natronsilicat, so enthält der Loxoklas von Hammond davon circa 65 Percent. Die regelmässige Verwachsung mit Quarz,

welche in gangartigen Massen im Gneiss und Granit auftritt, führt den Namen Schriftgranit Aus den Felsarten mit grossen Individuen lässt sich reiner Feldspath für die Porzellanfabrication gewinnen. (S. auch Kaolin.)

Am meisten erscheint der O. in körniger Form verbreitet im Granit, Gneiss und Syenit, in dichter Form in der Grundmasse des Quarzporphyrs, des Orthoklasporphyrs; auf secundärer Stätte in klastischen Formen, d. i. Bruchstücken, Splittern, Körnern bis staubartig feinen Theilchen im Sand und Sandstein, in der Ackerkrume, im Thon und Thonschiefer; in den älteren sedimentären Felsarten, den Grauwacken und Phylliten, dem Arkosen-Sandstein etc. oft regenerirt, indem die Körnchen wieder zu krystallinischen Massen verwachsen sind. Vergl. pag. 304.

B) Glasiger Feldspath. Sitzende wasserhelle Krystalle, gewöhnlich durch Vorherrschen von *M* tafelförmig, werden Eisspath genannt (Rhyakolith G. Rose's). Sie finden sich in den Silicatblöcken der Somma am Vesuv, im Albanergebirge, am Laachersee. Merkwürdig ist das Schwanken der Winkelwerthe, wahrscheinlich durch den Wechsel der Beimischung des Natronsilicates hervorgebracht, ferner die Abweichung von jenen des Adulars, da nach Strüver's Vergleichung das mittlere A.V. $= 0{\cdot}653 : 1 : 0{\cdot}552$ und $\beta = 64^\circ$ wären. Die Verschiedenheit der Bildungsweise dürfte hier die Ursache sein.

Die schwebend gebildeten Krystalle, gewöhnlich graulich oder gelblich gefärbt, welche in den Trachytgesteinen und Phonolithen vorkommen, werden Sanidin genannt. Sie erscheinen bisweilen zerbrochen, auch angeschmolzen. Die Form ist ähnlich wie in Fig. 5 und 10. Die grossen Krystalle sind rissig, trennen sich leicht nach unebenen Flächen, beiläufig parallel (100). Den Rissen entsprechen trübe Streifen auf *M*, die man früher von eingeschalteten Lamellen ableitete, während sie nach Zirkel durch Reihen von Poren und Sprüngen hervorgebracht werden. Im dichten Zustande verbirgt er sich in der porzellanartigen Grundmasse der trachytischen Gesteine. In der glasigen Grundmasse der Obsidiane, Bimssteine, Pechsteine muss man eine Mischung mit amorpher Kieselerde annehmen.

Der Orthoklas unterliegt zweierlei Umwandlungen, welche von allgemeiner Bedeutung sind. Die eine Verwandlung, nämlich in Muscovit (Kaliglimmer), lässt sich öfters durch Pseudomorphosen controliren. Wenn man die dreifache Formel des Feldspathes $3(K_2O \,.\, Al_2O_3 \,.\, 6\,SiO_2)$ mit jener des daraus entstandenen Glimmers $K_2O \,.\, Al_2O_3 \,.\, 2\,SiO_2 + 2\,(H_2O \,.\, Al_2O_3 \,.\, 2\,SiO_2)$ vergleicht, so ergibt sich, dass von der ursprünglichen Menge $6\,SiO_2$ nur $2\,SiO_2$ in die neue Verbindung übergehen und $4\,SiO_2$ übrig bleiben. Dementsprechend beobachtete vom Rath an den Pseudomorphosen im Granit des Riesengebirges, dass neben dem Glimmer auch Quarz vorhanden sei. Im übrigen erkennt man, dass die Menge des Kali auf ein Drittel vermindert sei, was einer Fortführung des Kali durch die circulirenden Wässer entspricht. Der neu entstandene Muscovit ist öfters auch von Biotit (Magnesiaglimmer) begleitet.

Der zweite allgemeine Vorgang ist die Verwitterung des O. zu Kaolin. Selten sieht man die Pseudomorphose gut erhalten, weil sie zu locker ist. Der gebildete Kaolin wird meistens fortgeschwemmt und den Thonlagern einverleibt. Wenn

man wieder die Formel des Feldspathes $K_2O . Al_2O_3 . 6 SiO_2$ mit der des Kaolins $2 H_2O . Al_2O_3 . 2 SiO_2$ vergleicht, so ergibt sich eine Wasseraufnahme gegenüber der Fortführung von Kieselsäure und Kali. Das letztere geht anfänglich als Carbonat in Lösung und wird durch die allverbreiteten Snlfate, besonders Gyps, in Kalisulfat umgesetzt, welches den Landpflanzen die znm Gedeihen erforderliche Kalimenge bietet. Das Pnlver der Feldspathgesteine ist daher ein vorzüglicher Kalidünger. Zersetzung des O. durch Wasser in den Versuchen Daubrée's wurde schon früher, pag. 302, erwähnt.

Eine nicht seltene Umwandlung des O. ist nach Blum die zu Epidot, weniger allgemein jene zu Turmalin. Wo Feldspathgesteine der Einwirkung von Dämpfen schwefeliger Säure ausgesetzt sind oder wo eingeschlossene Pyrite verwittern, erzeugen sich Sulfate wie Alunit, Alaun, Botryogen etc.

Die Namen Weissigit, Mnrchisonit, Krablit beziehen sich auf Orthoklas und Gemenge. Chosterlith ist Mikroklin.

Hyalophan nannte S. von Waltershausen ein Mineral aus dem Dolomit des Binnenthales in der Schweiz, welches das Ansehen und die Winkel des Adulars darbietet, seiner Zusammensetzung nach aber eine isomorphe Mischung des Adularsilicates mit $BaO . Al_2O_3 . 2 SiO_2$ darstellt.

Literatur über Orthoklas: Kokscharow, Materialien, 5. Band. G. v. Rath. Ann der Phys. und Chem., Bd. 135, pag. 454. Strüver, Zeitschr. Kryst. I. 246. Klockmann, ebendas., Bd. 6. pag. 493 (Zwillinge); Autor, Sitzb. Ak. Wien, Bd. L; Bischof, chem u. phys. Geologie, Bd. 2, pag. 392. Autor, Mineral. Mitth. 1871, pag. 100. (Umwandlungen.)

Mikroklin, *Descloizeaux.*

Mimetisch-monoklin. Die Krystalle weichen in der Form gar nicht von den Orthoklaskrystallen ab, doch bestehen sie aus unzählig vielen dünnen Lamellen, an welchen Descloizeaux den triklinen Charakter bestimmte. Diese bilden Wiederholungszwillinge nach $M = (010)$, so dass auf P und x, wofern diese glänzend sind, sehr feine Riefen parallel den Kanten zu M bemerkbar werden. Der Spaltwinkel $P : M = 001 : 010$ ist in den einzelnen Lamellen ungefähr $89° 40'$, auch die anderen Winkel $001 : 1\bar{1}0 = 67° 35'$, $110 : 1\bar{1}0 = 61° 29'$, $110 : 010 = 60° 49'$ weichen wenig von jenen am Orthoklas ab. Man bemerkt auch eine deutliche Spaltb. nach $T = 1\bar{1}0$ nnd eine weniger deutliche nach $l = 110$.

Die optische Orientirung ist eine andere als beim Orthoklas. Spaltblättchen parallel P geben eine Auslöschung, welche zur Kante $P : M$ nicht parallel ist, sondern davon um $+ 15°$ abweicht, s. Fig. 8 bei Plagioklas. Spaltblättchen parallel M hingegen liefern eine von dieser Kante um $+ 5°$ abweichende Auslöschung, also wie Orthoklas. Die übrigen physikalischen und chemischen Eigenschaften sind dieselben wie beim Orthoklas, daher man beide Minerale als heteromorph anzusehen hat [1]).

Sitzende Krystalle, die fast nur ans Mikroklin bestehen, werden bei Arendal in Norwegen, Magnet Cove in Arkansas etc. gefunden. Ein ausgezeichnetes Vorkommen bietet der Amazonenstein (Amazonit) vom Ilmengebirge, Pikes Peak in Colorado, Delaware in Pennsylvania etc., welcher, wie der Autor schon

[1]) Mallard und Lévy vermnthen auch beim Orthoklas eine Mimesie, wonach dieser mit dem Mikroklin identisch wäre.

1864 zeigte, nicht nur aus Lamellen parallel *M*, sondern auch aus vielen solchen besteht, die ungefähr parallel (100) lagern, wodurch auf *P* und *x* gitterartige Zeichnungen entstehen, die an Blättchen im polarisirten Lichte besonders deutlich hervortreten. Daneben ist Orthoklas vorhanden und Albitlamellen sind ebenfalls eingeschaltet. Die spangrüne Farbe des Amazonits verliert sich durch Glühen.

Viele Orthoklase zeigen in den Spaltblättchen nach *P* und in Dünnschliffen stellenweise die genannte gitterartige Zeichnung, wodurch die Verbreitung des Mikroklins in Verwachsung mit Orthoklas in vielem Granit, Gneiss etc. nachgewiesen wurde. Dagegen ist hervorzuheben, dass man einen vulkanischen Mikroklin (dem Sanidin entsprechend) bis jetzt noch nicht gefunden hat.

b) Plagioklastische F. Hauptspaltungswinkel 86° 50′ bis 85° 50′ (Natron-Kalkfeldspathe).

Plagioklas, *Breithaupt.*

Die Form ist triklin, die gewöhnlich auftretenden Flächen sind $P = 001$, $M = (010)$, $T = (1\bar{1}0)$, $l = (110)$, $z = (1\bar{3}0)$, $f = (130)$ und $x = (\bar{1}01)$, $y = (\bar{2}01)$, also wie beim Orthoklas. Im Vergleiche zu diesem erscheint aber die Gestalt

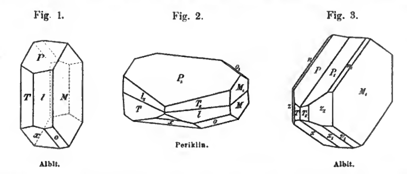


Fig. 1. Albit. Fig. 2. Periklin. Fig. 3. Albit.

etwas schief, da bei der hier gewählten Aufstellung die Kante *PM′* (links) eine scharfe und *PM* (rechts) eine stumpfe ist. Dadurch, dass die Flächen $e = (021)$ und $n = (0\bar{2}1)$, ferner $o = (11\bar{1})$ und $v = (1\bar{1}\bar{1})$ etc. nicht immer gleichzeitig zur Rechten und zur Linken auftreten, wird der unsymmetrische Charakter der Form noch mehr hervorgehoben. Die Winkel sind variabel, also für jede Art andere, doch entspricht die Variation der isomorphen Reihe, nach welcher die Arten aufeinanderfolgen.

Die Zwillingsbildungen sind mannigfaltig: 1. Gesetz: Zwillingsebene parallel *M*, das Albitgesetz, gewöhnlich mit vielfacher Wiederholung (s. pag. 83); 2. Zwillingsebene senkrecht zur Axe *b*, das Periklingesetz (s. pag. 83), mit Wiederholungen, auch Durchwachsungen; 3. Zwillingsebene senkrecht zur Axe *a*; 4. Zwillingsebene senkrecht zur Axe *c*, entsprechend dem Karlsbader Gesetz beim Orthoklas; 5. Zwillingsebene parallel 100; 6. Zwillingsebene parallel *c* und senkrecht zu *M*. ähnlich dem letzteren Falle; 7. Zwillingsebene ist *P*, ent-

Digitized by Google

sprechend dem Manebacher; 8. Zwillingsebene ist *n*, entsprechend dem Bavenoer Gesetz.

Spaltb. vollk. nach *P* und *M*, unvollk. nach *T*. Die Spaltfläche *P* zeigt in Folge der Zwillingsbildung (1) häufig eine zur Kante *PM* parallele Riefung. (Geriefte Feldspathe sind triklin.) Auch auf *M* zeigt sich bisweilen Riefung, zufolge der Wiederholung nach Zwillingsgesetz (2).

H. = 6. Ausser farblosen und weissen Arten gibt es solche, welche durch Einschlüsse grau, grün, roth gefärbt erscheinen. Auf *M* zeigt sich bisweilen Farbenwandlung. G. = 2·624 bis 2·758.

Die chem. Zus. entspricht, wie von dem Autor im Jahre 1864 gezeigt wurde, einer isomorphen Mischung zweier Silicate, von denen

das Natronsilicat nach der Formel $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2 = Na_2Al_2Si_6O_{16} = Ab$

„ Kalksilicat „ „ „ $2CaO.2Al_2O_3.4SiO_2 = Ca_2Al_4Si_4O_{16} = An$

zusammengesetzt ist. Jedes Glied der Mischungsreihe befolgt also das Gesetz: $mAb + nAn$ oder anders geschrieben Ab_mAn_n (vergl. pag. 252). Oefters ist auch etwas von dem Kalisilicat *Or* (Orthoklas) beigemischt.

Durch die allmälige Erforschung der Plagioklase entstand, bevor dieselben als isomorphe Mischungen erkannt waren, eine Eintheilung, nach welcher nicht blos die zwei Endglieder und ein mittleres Glied für die Classification ausreichend befunden, sondern mehrere Glieder, die man für scharf getrennt hielt, unterschieden wurden. Um jenem Gebrauche nicht allzusehr zu widersprechen, ist es nöthig, die ganze Mischungsreihe in sechs Theile zu zerlegen, indem ausser den Endgliedern Albit und Anorthit noch vier willkürlich aber gleichförmig abgegrenzte Mischglieder angenommen werden.

Ab		Albit,	der Anorthitgehalt beträgt 0 Percent oder fast 0	Percent
Ab . . . bis	Ab_3An_1	Oligoklas,	der Anorthitgehalt steigt bis 26·2	„
Ab_3An_1 „	Ab_1An_1	Andesin,	„ „ „ „ 51·5	„
Ab_1An_1 „	Ab_1An_3	Labradorit,	„ „ „ „ 76·1	„
Ab_1An_3 „	An	Bytownit,	„ „ „ fast 100	„
	An	Anorthit,	„ „ ist „ 100	„

In der folgenden Tafel ist die chemische Zusammensetzung so angeführt, dass die erste Columne die Zus. des Albits, die letzte aber jene des Anorthits darstellt. Aus dem spec. G. der Endglieder lässt sich das G. jeder einzelnen Mischung berechnen, daher ist auch immer das entsprechende G. beigefügt.

	Ab	Ab_3An_1	Ab_1An_1	Ab_1An_3	An
Kieselerde	68·6	61·9	55·4	49·1	43·0
Thonerde	19·6	24·2	28·5	32·8	36·9
Kalk	0·0	5·2	10·4	15·3	20·1
Natron	11·8	8·7	5·7	2·8	0·0
G.	2·624	2·659	2·694	2·728	2·758

M. Schuster hat im Jahre 1881 gezeigt, dass die optische Orientirung der Plagioklase genau dem Verhältnisse der Mischung folge. Dies wird am besten durch die Angabe der Auslöschung auf den beiden Spaltflächen *P* und *M* anschaulich gemacht. Fig. 8. Wird auf der einen, wie auf der anderen Fläche eine

Linie parallel der Kante *P*: *M* gezogen, so gibt es da wie dort eine Auslöschungsrichtung, welche von dieser Linie wenig abweicht, jedoch bald in dem einen mit + bezeichneten Sinne, bald in dem anderen mit — bezeichnten Sinne. Aus den Beobachtungen Schuster's ergibt sich nun für

Ab	: Abweichung auf *P* =	+ 4° 30'	auf *M* =	+ 19° 0'
Ab_3An_1	„ „ „	+ 1° 4'	„ „	+ 4° 36'
Ab_1An_1	„ „ „	— 5° 10'	„ „	— 16°
Ab_1An_3	„ „ „	— 17° 40'	„ „	— 29° 38'
An	„ „ „	— 37° 0'	„ „	— 36° 0'

Auch eine krystallographische Erscheinung, welche v. Rath erkannte, hängt mit dem Mischungsverhältnis zusammen. An den Zwillingen nach dem Periklingesetze (vergl. Fig. 2 und 17) verwachsen die Individuen nach einer Ebene, welche mit dem Prisma *Tl* einen rhombischen Schnitt ergibt. Diese Ebene zeichnet nun auf M eine Linie, welche mit einer zur Kante *PM* parallel gezogenen Linie verschiedene Winkel bildet, und zwar unter Benützung der schematischen Fig. 8

beim Albit	*Ab*	22°
bei dem Plagioklas	Ab_3An	4°
„ „ „	*AbAn*	— 2°
„ „ „	$AbAn_3$	— 9°
beim Anorthit . . .	*An*	— 18°

und bei den Zwischengliedern ergeben sich auch die entsprechenden Zwischenwerthe, so dass auch hier eine continuirliche Reihe zu bemerken ist. Da die Plagioklase dem Wechsel des Gehaltes an Calcium und Natrium entsprechend der Bunsen'schen Gasflamme verschiedene Färbung ertheilen, so hat Szabó vorgeschlagen, diese Probe zur Bestimmung solcher Feldspathe zu benutzen. (Ueber eine neue Methode, die Feldspathe auch in Gesteinen zu bestimmen: Pest 1876.)

Durch Säure werden die Plagioklase verschieden angegriffen, der Albit und Oligoklas gar nicht, der Labradorit wenig, wogegen der Anorthit unter Gallertbildung zersetzt wird.

Bezüglich der Nachahmung der Plagioklase haben Hautefeuille, sowie Fonqué und Lévy eine Reihe von wichtigen Versuchen angestellt, s. pag. 260.

Die Literatur über die Pl. ist sehr umfangreich, doch wird man, ausgehend von folgenden Abhandlungen, alles Wichtige finden: G. Rose, Gilbert's Ann. 1822, Pogg. Ann. 125, 129 (Albit), Descloizeaux, Manuel de Minéralogie (Winkelverhältn.), G. v. Rath, Monatsber. d. Berlin. Ak. 1876 (Zwillingsverwachsungen, Lage des rhomb. Schnittes), Pogg. Ann. 138, pag. 464 (Oligoklas), ebendas. Bd. 138, pag. 449 und Bd. 147, pag. 22 (Anorthit), Kokscharow, Materialien z. Min. Russlands, Bd. 4, pag. 200 (Anorthit).

Autor, Sitzungsb. d. Wiener Akad., Bd. 50, pag. 566 (1864) (Mischungsgesetz), G. v. Rath, Zeitsch. geol. Ges., Bd. 27, pag. 295 (1875) (Bestätigung), M. Schuster, Mineral. u. petrogr. Mittheil., Bd. 3, pag. 117 (1881) (Gesetz d. optischen Orientirung). Ebendas. Bd. 5, pag. 189 (Nachtrag).

Albit, *Gahn.* Wegen der weissen Farbe so genannt. Die Krystalle sind übrigens oft wasserhell, aber durchschnittlich kleiner als die Adulare. Spalt-

blättchen parallel M geben im Pol.-Instrument Farbenringe, welche auf einen grossen Axenwinkel und eine gegen M schiefe positive Mittellinie schliessen lassen. Die Schmelzbarkeit ist ungefähr wie beim Orthoklas. Die Entzifferung der Zwillingsbildungen verdankt man hauptsächlich G. Rose und G. v. Rath.

Die sitzenden Albitkrystalle sind gewöhnlich durch Vorherrschen von M tafelförmig, niemals einfach, sondern bilden Zwillinge, meist mit vielfacher Wiederholung, nach M (Albitgesetz), Fig. 3 bis 6. Die Abweichung von $P : P_1$ in den Riefen beträgt 7°12′. Zwillinge, welche zuerst nach dem Albitgesetz, nachher gemäss dem Karlsbader Gesetz vereinigt erscheinen, kommen öfters vor. Schöne

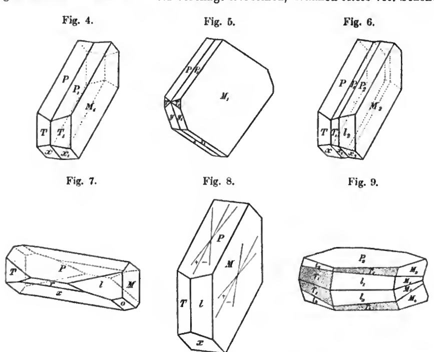


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Drusen von Albit mit Kalkspath finden sich bei Schmirn in Tirol im grauen Dolomit, mit Mesitinspath am Hainzenberg im Zillerthal, mit Bergkrystall im Gotthardgebirge, mit Epidot bei Zöptau in Mähren u. s. w.

Die weissen Krystalle, an welchen M klein ist, wodurch sie nach der Queraxe gestreckt aussehen, werden P e r i k l i n genannt, Fig. 2, 7 u. 9. Die Form entspricht der nächsten Abtheilung (Oligoklas). Die Zwillingsbildungen folgen dem 2. Gesetze, welches schon auf pag. 83, Fig. 172 und 173, erläutert wurde. Die Individuen verwachsen mit einander nach dem rhombischen Schnitte, daher ihre Grenze auf M eine gegen die Kante $P : M$ schiefe Linie bildet, Fig. 2. Wenn derlei Zwillinge sich entsprechend dem Manebacher Gesetze verbinden, so ergeben sich Zwillinge höheren Grades, wie in Fig. 9, welche einen Periklin vom Scopi in der Schweiz darstellt, dessen T-Flächen matt und mit Chlorit überzogen sind.

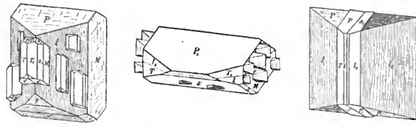
Digitized by Google

Die Grenzen der vier Individuen convergiren nach rückwärts, was auf den zusammengesetzten *M*-Flächen deutlich zu sehen ist. Grosse Krystalle wurden bei Pfunders in Tirol mit Chlorit gefunden, prächtige Drusen im Rauris, Zillerthal und an vielen Punkten der Tiroler und Salzburger Alpen.

Oft erscheinen Albit und Periklin regelmässig mit Orthoklas verwachsen, indem sie die Zone *T/M* gemein haben. Fig. 10 gibt ein Beispiel des Aufsitzens von Albit auf Orthoklaskrystallen von Hirschberg. Fig. 12 stellt das Vorkommen eines Albitzwillings mit flügelartigen Ansätzen von Adular aus dem Untersulzbach, Fig. 11 den Ansatz von Adular an Periklinkrystallen von Marschendorf dar.

Schwebend gebildete Albitkrystalle sieht man öfters im Chlorit der Alpen. Im Magnetkies des Schneeberges in Passeyr beobachtete Rumpf einfache Krystalle als seltene Erscheinung. Albit als Gesteinsgemengtheil hat man in Phylliten, Dioriten erkannt. Vulkanische Arten sind bis jetzt nicht beobachtet.

Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.



Ueber die Verwandlung des Albits in Glimmer und in Kaolin hat man keine genaueren Daten, doch ist nach den bisherigen Erfahrungen kein Zweifel, dass der Albit ebenso wie der Orthoklas diese Veränderungen erleidet.

Cleavelandit, Hyposklerit, Olafit, Peristerit sind Albit, ebenso der Zygadit. Der Natronorthoklas Förstner's ist triklin und nähert sich in seinem Verhalten der folgenden Abtheilung. Isomorphe Mischungen von Orthoklas- und Albitsubstanz in Plagioklasform sind von Förstner auf Pantellaria, von Fouqué bei Quatre Ribeiras beobachtet.

Oligoklas, *Breithaupt*. Kieselsäure 66 bis 62 Percent. Sitzende Krystalle sind nicht häufig: mit Epidot bei Arendal, mit Korund bei Miask, mit Augit in den Silicatbomben am Vesuv u. s. w. Die Form ist entweder jene des Periklins, Fig. 2, oder säulenförmig nach der aufrechten Axe wie in Fig. 13. Zwillingskrystalle beider Typen vereinigen sich oft. Spaltblättchen parallel *M* und *P* verhalten sich im pol. Lichte ähnlich wie jene des Albits, die Auslöschung ist aber, wie bemerkt, eine andere. Splitter schmelzen leichter als Albit und Orthoklas zu klarem Glase.

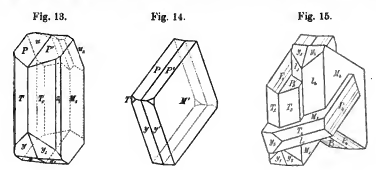
Der Oligoklas ist ein häufiger Gesteinsgemengtheil. Im Granit und Gneiss bildet er öfters grosse Individuen vom Aussehen des Pegmatits, mit dem er leicht verwechselt wird, obwohl die feine Riefung auf *P* bei genauer Betrachtung erkennbar ist; er bildet mit Quarz auch sog. Schriftgranit. Bei Tvedestrand

Digitized by Google

in Norwegen werden durchsichtige Stücke mit eingeschlossenen Eisenglanzblättchen gefunden: Sonnenstein. Bei Bodenmais erscheinen Krystalle mit dnnkler Oberfläche von Magnetkies umhüllt. Im Granit, Gneiss, Diorit ist er oft gleichförmig körnig verbreitet. In Porphyren umgibt oft der weisse Oligoklas die röthlichen Orthoklaskrystalle, in Trachyten bildet der Oligoklas öfters die Grundmasse, in welcher die Sanidine liegen, so am Drachenfels bei Bonn, oder er ist in den trachytischen und basaltischen Felsarten in dnrchsichtigen bis durchscheinenden kleinen Krystallen enthalten. Diese sind meistens tafelförmig ausgebildet, wie in Fig. 5 nnd 14.

Andesin, *Abich.* Kieselsänre 62 bis 55·5 Percent. In der Krystallform und Zwillingsbildung dem vorigen gleich, in optischer Beziehung und dem Verhalten v. d. L. ähnlich. Auch aus dieser Abtheilung der Plagioklase finden sich Repräsentanten im Bereich des Granits, z. B. im sog. Tonalit des Adamellogebirges, dem Syenit der Vogesen etc. und ebenso in Eruptivgesteinen, wie im Porphyrit des Esterelgebirges, im Andesit in Siebenbürgen und in den Anden. Die Umwandlung eines hierher gehörigen Plagioklases in Pennin, welche bei Plaben unweit Budweis beobachtet wurde, hat v. Drasche beschrieben.

Labradorit. Kieselsäure 55·5 bis 49 Percent. Von der Labradorküste in Nordamerika waren schon im vorigen Jahrhundert Stücke mit ausgezeichneter Farbenwandlung auf *M* nach Europa gebracht worden. Dort bilden grosse Individuen mit Hypersthen ein Gestein: Hyperit. Aehnliche Vorkommen wurden später aus Ingermanland, ferner von Kamenoi Brod bei Kiew bekannt. Wegen


Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.

der schönen Farbenwandlung wird dieser Labradorit bisweilen als Schmuckstein benutzt. Der farbenwandelnde Feldspath von Ojamo in Finland steht seiner Mischung nach schon auf der Grenze zum Andesin. Labradorite ohne Farbenwandlung sind das gewöhnliche körnige Vorkommen als Gesteinsgemengtheil im Gabbro, Diorit etc. Die vulkanischen Arten sind im Dolerit, Basalt, Andesit verbreitet. Als ein Beispiel, wie nicht nur der Labradorit, sondern die Plagioklase überhaupt in den vulkanischen Felsarten vorkommen, dienen die Figuren 14 und 15, wovon die erstere einen der losen Labradoritkrystalle aus der vulkanischen Asche der Monti rossi am Aetna darstellt, während die letztere eine Gruppe abbildet, in welcher die Individuen nach dem Albit-

gesetze, ausserdem aber noch entsprechend dem Karlsbader und Bavenoer Gesetze verwachsen sind. Diese ist dem Labradorit von Verespatak in Siebenbürgen entnommen, wo derlei Gruppen nach der Beobachtung des Autors sowohl frisch als verändert im Quarzandesit vorkommen.

Spaltblättchen von Labradorit nach *M* und nach *P* zeigen im Konoskop Farbenringe, die auf eine seitlich austretende Axe schliessen lassen. Splitter schmelzen v. d. L. leichter als Oligoklas. Durch Säure wird das Pulver in der Wärme allmälig zersetzt.

Der Labradorit, wie er im Gabbro, Andesit etc. vorkommt, erleidet öfters die Umwandlung zu Epidot. Die gleiche Veränderung hat man jedoch auch an anderen kalkhaltigen Plagioklasen beobachtet, ebenso die Umwandlung in Glimmer oder Pinit.

Bytownit, *Thomson*. Kieselsäure 49 bis 45 Percent. Optisches Verhalten ähnlich wie beim Labradorit. Plagioklase aus dieser Abtheilung wurden im Gabbro von Neurode in Schlesien, im Kugeldiorit von Corsica, in einem Gestein von Närödal in Norwegen, ebenso in vulkanischen Felsarten, z. B. in Andesit auf Island, in Ungarn etc. als Gemengtheil gefunden.

Anorthit, *G. Rose* (Christianit). Kieselsäure 45 bis 43 Percent. Während sitzende Krystalle von Andesin, Labradorit, Bytownit fast gar nicht beobachtet werden, findet sich der Anorthit öfters in wasserhellen Krystallen und Drusen in den Silicatblöcken der Somma am Vesuv, in durchscheinenden bis trüben Krystallen auf mehreren Contactlagerstätten, z. B. am Monzoni in Tirol.

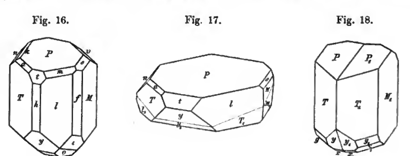


Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18.

Die Formen sind mannigfaltig, weil bald diese, bald jene Flächenpaare vorherrschen, so dass öfters eine Aehnlichkeit mit Oligoklas oder Periklin eintritt. Manche Krystalle sind recht flächenreich. Fig. 16 stellt einen Krystall vom Vesuv dar, an welchem ausser den schon früher genannten Formen auch $h=(100)$, $t=(201)$, $k=(0\bar{2}3)$, $a=(1\bar{1}1)$, $m=(111)$, $\iota=(24\bar{1})$, $g=(2\bar{2}\bar{1})$ vorkommen. Beispiele gewöhnlicher Ausbildung geben Fig. 17, ein Zwilling nach dem Periklingesetz, und 18, ein Zwilling nach dem Albitgesetz. Einfache Krystalle sind häufig, in den Wiederholungszwillingen sind die Lamellen viel dicker als in den anderen Plagioklasen. Spaltblättchen nach *P*, sowie nach *M* geben im Konoskop das Bild einer optischen Axe. Splitter schmelzen v. d. L. etwas schwer, durch Salzsäure wird das Pulver unter Gallertbildung zersetzt.

So wie die übrigen Plagioklase, bildet der Anorthit öfter einen wesentlichen Gemengtheil, sowohl in älteren Felsarten, z. B. im Eukrit von Hammerfest, Bogoslowsk, als auch in vulkanischen Gesteinen, z. B. auf Island, den Antillen etc. Auch erscheint er in einigen Meteoriten repräsentirt.

Der A. erleidet oft Veränderungen, indem er Wasser und auch Kali und Magnesia aufnimmt, wobei er weich wird. Es scheint dies der Beginn einer Glimmerbildung zu sein.

Zum Anorthit sind zu rechnen: Der Cyclopit, Lepolith, Amphodelith, Indianit, vielleicht anch der Barsowit. Ein Esmarkit genanntes Mineral bestimmte Descloizeaux auch als Anorthit. Der Rosellan oder Rosit, der Polyargit, Latrobit, Lindsayit, sind als veränderte Anorthite zu betrachten. Als Ersbyit untersuchte v. Rath einen Skapolith, Wiik aber einen Labradorit. Der kleinkörnige Saccharit, welcher in Schlesien mit Serpentin vorkommt, und der feinkörnige bis dichte Saussurit, welcher als Feldspathglied in manchen Arten von Gabbro angegeben wird, sind vorherrschend aus Plagioklas bestehende Gemenge. Mancher sogenannte Saussurit ist vielleicht Zoisit.

Einen Plagioklas mit Barytgehalt von 6·3 Percent hat Descloizeaux beobachtet.

Dem Anorthit analog zusammengesetzt ist der

Danburit $CaO . B_2O_3 . 2 SiO_2$ von rhombischer Krystallform, dem Topas ähnlich. Früher hatte man eine dem Plagioklas entsprechende Krystallform vermuthet. Danbury, Connecticut; Russel, St. Lawrence Cty., New-York; Scopi, Schweiz.

Im Anschlusse an die Feldspathgruppe sind noch jene amorphen Minerale zu erwähnen, welche die glasige Grundmasse der Obsidiane, Perlite, Pechsteine bilden. Da sich diese Gläser nicht von den darin schwebenden krystallinischen Theilchen trennen lassen, so kann man auf ihre Eigenschaften blos nach dem Verhalten der ganzen Gesteinsmasse schliessen.

Obsidian hat schwarze, graue, braune, rothe Farben, H. = 6, G. = 2·4 bis 2·57 und eine chem. Zus., welche das Vorherrschen von Feldspathsubstanz erkennen lässt. V. d. L. unter Aufblähen zu Glas oder Email schmelzbar. Im Bimstein ist das Glas bereits aufgebläht und schaumig. Marekanit ist eine durchsichtige Art von Obsidian, der Bouteillenstein aus Böhmen, Mähren scheint ein künstliches Glas zu sein.

Perlit hat eine feine, ungefähr kugelig-schalige Absonderung, perlgraue, aschgraue, bräunliche etc. Farben, H. = 6, G. = 2·2 bis 2·4 und eine chem. Zus. ähnlich der des Obsidians, doch mit etwas mehr Wasser. V. d. L. bläht er sich und schäumt, schmilzt aber nicht zu Glas. Baulit und Krablit sind zwei zugehörige Vorkommen. Die radialfaserigen Kügelchen, welche im Obsidian und Perlit vorkommen und als Sphärulit bezeichnet werden, haben ungefähr die chem. Zus. der Grundmasse.

Pechstein, welcher H. = 5·5 . . 6, G. = 2·2 bis 2·3 und gelbe, rothe, braune, graue Farben hat, gibt im Kolben Wasser, wird v. d. L. weiss und trübe und schmilzt dann ruhig zu weissem Email. Chemisch den vorigen ähnlich, doch mit einem grösseren bis 10 Percent steigenden Wassergehalt.

Alle diese vulkanischen Gesteine sind in Ungarn, Sachsen, Italien, Island, Mexico etc. verbreitet.

In eruptiven Felsarten wurden auch schwarze hyaline Minerale gefunden, die als Tachylyt, Hyalomelan, Sideromelan bezeichnet wurden. Sie sind ärmer an Kieselsäure wie die vorigen, jedoch reich an Eisen. Insofern sich amorphe Minerale überhaupt classificiren lassen, könnten dieselben in die Nähe der Augitgruppe gestellt werden.

Auf die Feldspathgruppe folgen als besondere Gruppe Alumosilicate mit höherem Kieselgehalt:

Der Petalit monoklin. H. = 6·5, G. = 2·4 .. 2·56, weiss, röthlich, grau. Chem. Zus.: ungefähr $Li_2O . Al_2O_3 . 8 SiO_2$. Insel Utöen, Bolton etc. Krystallisirt auf Elba (Kastor). Die blos geometrische Beziehung zu Spodumen hat manche Forscher veranlasst, eine Isomorphie anzukündigen.

Der Milarit, mimetisch hexagonal, sitzende Krystalle bildend. H. = 6, farblos, weiss. G. = 2·59. Chem. Zus.: $HKO . 2 CaO . Al_2O_3 . 12 SiO_2$. Val Giuf bei Ruäras, Schweiz.

Andalusitgruppe.

Rhombische oder trikline, deutlich bis vollk. spalthare, farblose und hellfarhige Silicate, welche v. d. L. unschmelzbar, durch Säure nicht zersetzhar sind, mit Kobaltsolution hefeuchtet und geglüht blau werden, H. = 5 bis 8 zeigen.

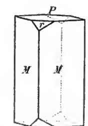
Andalusit, *Delamétherie.*

Sehr bekannt sind die grossen rhombischen säulenförmigen Krystalle, welche gewöhnlich von weissem Glimmer bedeckt, mit Quarz im Granit, Gneiss, Glimmerschiefer eingeschlossen vorkommen. Das Prisma hat 89° 10′, ist also fast rechtwinkelig. Das Doma (101) = 71°. Flächenreiche Krystalle sind selten. Spaltb. nach (110) ziemlich deutlich H. = 7 .. 7·5. Optisch negativ, die A. E. parallel 010, die erste Mittellinie parallel der aufrechten Axe. G. = 3·1 his 3·2.

Chem. Zus.: Al_2SiO_5 oder $Al_2O_3 . SiO_2$ mit 63·1 Thonerde, 36·9 Kieselsäure

Die Krystalle sind gewöhnlich grau, grünlich, röthlich gefärht, trübe, zuweilen in ein faseriges Aggregat von Disthen verwandelt, oder sie sind weich und dann öfters zu Glimmer verändert. Durchscheinende frische Krystalle sieht man hei uns selten. Lisens zu Tirol, Zwiesel und Wunsiedel in Baiern, Munzig und Penig in Sachsen liefern gute Exemplare dieses ziemlich verhreiteten Minerales. Aus Brasilien kennt man durchsichtige Stücke mit schönem Pleochroismus zwischen ölgrün und hyacinthroth, auch die kleinen Kryställchen, welche in den krystallinischen Schiefern beobachtet werden, zeigen diese Eigenschaft.

Fig. 1.

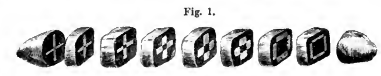


Zum Andalusit rechnet man auch den Chiastolith oder Hohlspath Werner's, der im Thonschiefer eingeschlossene lange Säulchen bildet. Diese haben sehr häufig einen vierseitigen Canal, der mit Grundmasse ausgefüllt ist. Der Querschnitt giht eine kreuzförmige Figur. Der Bau des Ganzen wird durch das nehenstehende Beispiel anschaulich, welches die Abbildung mehrerer gleich weit entfernter Schnitte durch ein Säulchen von Springfield in Massachusetts nach Dana darstellt. Der auffallende Lapis crucifer war schon im 16. Jahrh. von Compostella in Spanien bekannt. Er findet sich nicht selten in Thonschiefern als

Contactbildung in der Nähe von Granit, so bei Strehla in Sachsen, Gefrees im Fichtelgebirge, in der Bretagne, den Pyrenäen etc.

Zu unterscheiden ist der Sillimanit Bowen's, welcher gelbgraue bis nelkenbraune, selten farblose, stenglige Aggregate bildet. Diese lassen auch ein rhombisches Prisma erkennen, das jedoch (110) = 69° und eine Spalth. nach (100) wahrnehmen lässt. Optisch positiv, A. E. parallel

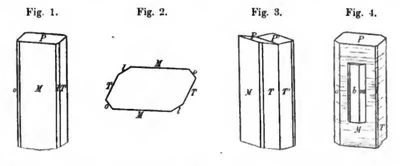
Fig. 1.



100, erste Mittellinie parallel der *c*-Axe. G. = 3·2. Chem. Zus. wie Andalusit, also, wie es scheint, mit diesem heteromorph. Norwich und Chester in Connecticut, Worcester in Mass. Der feinfaserige Fibrolith (Faserkiesel, Bucholzit), welcher im Gneiss- und Granulitgebirge als accessorischer Gemengtheil vorkommt, ist nach Descloizeaux hierher gehörig, ebenso der Monrolith, Bamlit, Xenolith, Wörthit.

Disthen, *Hauy.*

Trikline, meist breit säulenförmige Individuen, an welchen $M = (100)$, $T = (010)$ (Winkel 73° 56′), und $o = (1\bar{1}0)$ ausgebildet sind, auch $l = (110)$ und $k = (210)$, selten aber Endigungen, z. B. $P = (001)$ vorkommen. Die Winkel von 100 zu $1\bar{1}0$ und 110 sind: 49° 16′, 34° 44′. A. V. = 0·8991 : 1 : 0·6968 und $\alpha = 90° 23'$, $\beta = 100° 18'$, $\gamma = 106° 1'$. Die Zwillingsbildungen sind von verschiedener Art, öfters ähnlich denen am Plagioklas. Die gewöhnlicher verwirklichten Gesetze sind: 1. Zwillingsebene *M* wie in Fig. 3, bisweilen wiederholt,



2. Zw. E. senkrecht zur Axe *c*, 3. Zw. E. senkrecht zur Axe *b*, 4. Zw. E. parallel *P*. Letztere Bildung auch öfters wiederholt, nach Bauer wahrscheinlich durch Druck entstanden, ähnlich der Erscheinung am Calcit, pag. 131. (Krystallf. M. Bauer, Zeitschr. geol. Ges. 1878 und 1879; v. Rath, Zeitschr. Kryst. Bd. 3 und 5, die Zusammenstellung ebend. 7. Bd., pag. 595.) Die regelmässige Verwachsung von Disthen und Staurolith, wie dieselbe an Exemplaren aus dem Tessin beobachtet wird, ist in Fig. 4 dargestellt. *M* am Disthen und $b = 010$ am Staurolith sind parallel, ferner haben beide die Zone 100 : 010 gemein.

Spaltb. nach *M* sehr vollk., nach *T* vollk. H. = 6. Die Härte zeigt hier die grössten Unterschiede, welche an Mineralen beobachtet wurden. Auf *M* ist sie

am geringsten, auf o am grössten. Ritzt man auf M in einer zur Kante MT parallelen Richtung, so erhält man H. = 5, beim Ritzen senkrecht zur vorigen Richtung H. = 7. Spaltblättchen parallel M zeigen im Konoskop keine Axenbilder, obwohl die 1. Mittellinie ungefähr senkrecht auf M ist, denn der Axenwinkel ist gross. Der Schnitt der A. E. mit M geht durch den spitzen Winkel zwischen den Kanten PM und MT, von letzterer um 30° abweichend. Ausser farblosen und weissen kommen auch blaue und zufällig anders gefärbte Arten vor. G. = 3·5 bis 3·7.

Chem. Zus. wie beim Andalusit, daher vielleicht eine Trimorphie der Substanz Al_2SiO_5 anzunehmen.

Breitstenglige blaue Arten (Cyanit, Kyanit) sind jene vom Monte Campione im Tessin, Greiner im Zillerthal, Petschau in Böhmen und vielen anderen Fundorten im Glimmerschiefer, dünnstenglige weisse bis graue Aggregate (Rhäticit) von Pfitsch in Tirol, Schönberg in Mähren. Der D. bildet einen accessorischen Gemengtheil mancher Granulite, wie bei Göttweih in Niederösterreich, mancher Eklogite wie an der Saualpe, Koralpe in Kärnten. In der Form eines Lagers von einigen Metern Mächtigkeit kommt er selbstständig bei Horsjöberg in Wermland vor.

Topas.

Gehört seiner Härte wegen in die Reihe der Edelsteine. Die meist sitzenden Krystalle haben eine ausgeprägt rhombische Form und öfters grossen Flächenreichthum. Gewöhnlich herrschen die Prismen $M = (110)$, $l = (120)$ und die Endigung wird durch $o = (111)$, $n = (021)$, $P = (001)$ oder auch durch Pyramidenflächen $s = (223)$, $k = (221)$, $x = (243)$ gebildet, $i = (201)$, $y = (041)$, $u = (130)$ treten auch öfters hinzu. A. V. = 0·5285 : 1 : 0·4768. Winkel etwas schwankend (110) = 55°43′, (120) = 86°49′, (021) = 87°18′, 111 : 110 = 44°25′, 111 : $\bar{1}$11 = 78°20′. (Kokscharow, Materialien, Bd. 2 und 3. Groth, Zeitschr. geol. Ges., Bd. 22.) Manche Forscher halten die zuweilen ungleiche Ausbildung der Enden für gesetzmässig, doch ist vorläufig noch keine Hemimorphie anzunehmen, da sowohl Baumhauer's Beobachtung der Aetzfiguren, als auch der Unterschied des elektrischen Verhaltens in Hankel's und Friedel's Beobachtungen dagegen sprechen. Durch Reibung und Erwärmung werden die Krystalle elektrisch. Spaltb. nach $P = (001)$, sehr vollk. H = 8.

Die Farben sind weingelb, honiggelb, spargelgrün, berggrün, hyacinthroth bis violblau; am Lichte bleichen viele derselben, wasserklare Individuen sind auch nicht gar selten. Der T. ist optisch positiv, A. E. parallel 010, erste Mittell. parallel der c-Axe, der Axenwinkel variabel. Spaltblättchen geben im Pol.-Instrumente die beiden Ringsysteme sehr schön. G. = 3·5 bis 3·7, also hierin dem Diamant gleichkommend.

Chem. Zus. nach Forchhammer und Rammelsberg $5\,Al_2SiO_5 + Al_2SiF_{10}$, entsprechend 33·2 Kieselerde, 56·7 Thonerde und 17·5 Fluor. Summe der Analyse 107·4. Im starken Feuer wird der T. trübe, v. d. L. ändert er sich kaum.

Im Glasrohr mit Phosphorsalz erhitzt gibt er Flusssäure, mit Schwefelsäure erhitzt nur wenig.

Die Heimat des T. ist der Granit, Gneiss, Granulit, worin er auf Spalten sitzt. Die honiggelben Krystalle von Villarica in Brasilien, gewöhnlich die einfache Form in Fig. 1 tragend, wurden früher für Schmucksteine verarbeitet. Durch Brennen erhalten sie eine blassrothe Farbe (Brasilianischer Rubin). Weingelb sind die kleineren Krystalle vom Schneckenstein bei Gottesberg in Sachsen, oft mit der Form wie Fig. 2. Kleine durchsichtige, oft aber nur durchscheinende finden sich als charakteristisches Mineral auf den Zinnerzlagerstätten im Erzgebirge (Altenberg, Zinnwald) und in Cornwall. Alle diese werden aber weit

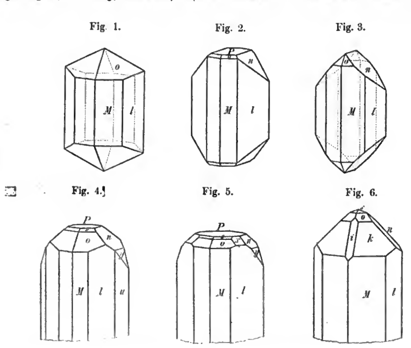


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

übertroffen von dem sibirischen Topas. Kokscharow beschrieb einen Krystall vom Flusse Urulga, 28 Cm. lang, 16 breit. Verschiedenfarbige bis farblose prächtige Krystalle mit den reichsten Combinationen kommen von Miask, Alabaschka, Aduntschilon, kleine wasserhelle aus dem Mournegebirge in Island.

Trübe, feldspathähnliche Individuen von unebenem Bruche im Granit von Finbo in Schweden u. a. O. werden Pyrophysalit genannt, derbe strahlige Massen von Altenberg, Schlackenwald, Zinnwald Pyknit.

Auf secundärer Stätte werden Geschiebe von farblosem bis grünlichem T. (Wassertropfen) am Rio Belmonte in Brasilien gesammelt. Sie wurden zuweilen für Diamanten ausgegeben. In solchem brasilianischen und anderem T. fand Brewster Flüssigkeitseinschlüsse. Manche darunter sind flüssige Kohlensäure,

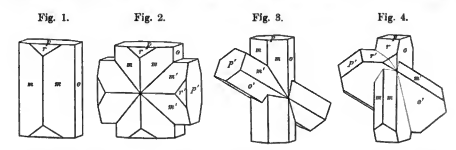
s. pag. 110. Rosenbusch entdeckte mannigfache Einschlüsse mit Kryställchen im T. vom Schneckenstein. Zuweilen erscheint der T. in ein steinmarkähnliches Mineral verwandelt.

Granatgruppe.

Rhombische, hexagonale und tesserale Silicate, meist ohne vollk. Spaltbarkeit, von bedeutender Härte (6·5 bis 8), meist gefärbt, schmelzbar bis unschmelzbar. Thonerdereiche Minerale, die oft als accessorische Gemengtheile in Granit, Gneiss, Glimmerschiefer oder auf Klüften derselben vorkommen.

Staurolith, *Karsten.*

Dunkelbraune, rhombische Säulchen oder Durchkreuzungszwillinge, schwebend gebildet im Glimmerschiefer oder Gneiss. Gewöhnliche Flächen $m = (110)$, $o = (010)$, $r = (101)$, $p = (001)$. Winkel $(110) = 50°40'$, $(101) = 110°28'$. Die Zwillinge folgen verschiedenen Gesetzen: Zwillingsebene 032, die Individuen



unter ungefähr 90° gekreuzt, Fig. 2; Zwillingsebene 232, die Individuen unter beiläufig 60° gekreuzt, Fig. 3 und 4. Spaltb. nach $a = (100)$ vollk., aber etwas unterbrochen, nach $m = (110)$ unvollk. H. = 7 .. 7·5. Durchscheinend bis undurchsichtig. A. E. parallel 100, die 1. posit. Mittellinie senkrecht auf *p*. G. = 3·4 bis 3·8.

Chem. Zus. beiläufig der Formel $FeO \,.\, 2\,Al_2O_3 \,.\, 2\,SiO_2$ entsprechend, welche 30·2 Kieselerde, 51·8 Thonerde, 18 Eisenoxydul erfordert, jedoch sind statt des letzteren auch kleinere oder grössere Mengen von Magnesia und Mangan vorhanden. Rammelsberg nimmt einen geringen Wassergehalt als wesentlich an. Durch die Beimengung von Quarz, welche bis auf die Hälfte steigt, ist es fast unmöglich, für die Analyse reines Material zu erhalten. Lechartier versuchte den Quarz durch Flusssäure zu entfernen. V. d. L. ist der St. unschmelzbar, durch Säure wird er nicht angegriffen.

Der St. ist accessorischer Gemengtheil vieler Glimmerschiefer. Die schärfsten Krystalle finden sich in dem weissen Glimmerschiefer (Paragonitschiefer) von Faido im Tessin und Airolo am Gotthard. Hier bemerkt man öfters eine parallele Verwachsung mit dem Cyanit, indem beide Minerale die Zone 100:010 gemein haben und *o* des Staurolithes mit *M* des Cyanits parallel ist. Goldenstein und Zöptau in Mähren, Passeyr und Sterzing in Tirol, Aschaffenburg in Baiern,

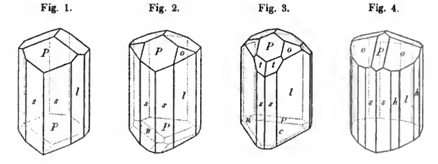
Quimper im Dép. Finistère, Santiago di Compostella in Spanien und viele andere Gegenden liefern die braunen Krystalle.

Nordmarkit nennt Dana ein manganhaltiges, dem St. ähnliches Mineral. Der monokline **Sapphirin** von Fiskenäs in Grönland kann wegen des hohen Thonerdegehaltes hierher gestellt werden.

Turmalin.

Turamali, der singhalesische Name des Steines, dessen pyroëlektrische Eigenschaften durch die Holländer in Europa bekannt wurden. Dass jenes Verhalten mit der Hemimorphie zusammenhängt, wurde pag. 208 bemerkt.

Die rhomboëdrische Form hat in Folge der Hemimorphie einen ungewöhnlichen Charakter, da nicht blos die Enden oft ungleich ausgebildet erscheinen, sondern auch das Prisma $l = (10\bar{1}0) = \infty R$ nur mit drei Flächen auftritt. Der R.-Winkel ist 46° 40′ bis 50′, also etwas schwankend.



$$P = (10\bar{1}1) = R,\ o = (02\bar{2}1) = -2R,\ t = (21\bar{3}1) = R3,\ s = (11\bar{2}0) = \infty P2,$$
$$h = (13\bar{4}0) = \infty P\tfrac{4}{3},\ n = (01\bar{1}2) = -\tfrac{1}{2}R,\ c = (0001) = 0R.$$

Keine deutliche Spaltbarkeit. H. = 7. Optisch negativ, $\omega = 1{\cdot}64$, $\varepsilon = 1{\cdot}623$ im Mittel für Roth. Das schwarze Kreuz trennt sich zuweilen, wie bei optisch zweiaxigen Mineralen von kleinem Axenwinkel. Der Dichroismus vieler Stücke ist ein ganz ungewöhnlicher. Beim Durchsehen parallel zur Hauptaxe sieht man immer eine dunklere Farbe oder Schwarz, während man in der dazu senkrechten Richtung eine andere Farbe wahrnimmt. Da der ordentliche Strahl in den stärker gefärbten Krystallen viel mehr absorbirt wird als der ausserordentliche, so liefern parallel der Hauptaxe geschnittene Platten mehr oder weniger vollkommen polarisirtes Licht. Demgemäss hat der Turmalin in der Geschichte der Optik eine so wichtige Rolle gespielt.

Die chem. Zus. ist sehr complicirt, jedoch lässt sich dieselbe nach den umfangreichen Untersuchungen Rammelsberg's ungefähr so deuten, dass die Turmaline isomorphe Mischungen von Alumo-Borosilicaten sind, von welchen die wichtigsten:

$$NaHO . B_2O_3 . 3\,Al_2O_3 . 4\,SiO_2 = NaHB_2Al_6Si_4O_{21}$$
$$5\,MgO . B_2O_3 . Al_2O_3 . 5\,SiO_2 = Mg_5B_2Al_2Si_5O_{21}$$
$$5\,FeO . B_2O_3 . Al_2O_3 . 5\,SiO_2 = Fe_5B_2Al_2Si_5O_{21}.$$

Dabei ist zu bemerken, dass auch die dem ersten Silicat entsprechende Lithiumverbindung, ferner die dem dritten Silicat entsprechende Manganverbindung beigemischt sein können. Da ausserdem etwas Kali, Kalk und Fluor vorkommen, so hat man im Ganzen 12 Stoffe. V. d. L. färben alle Turmaline die Flamme gelb oder röthlich. Wird aus Fluorit und saurem schwefelsauren Kali eine Perle geschmolzen, diese mit dem Turmalinpulver bedeckt, so entsteht beim Erhitzen eine vorübergehende grüne Flammenfärbung. Durch Säure werden die T. nicht angegriffen, aber das Pulver des geglühten oder geschmolzenen T. wird durch warme Schwefelsäure allmälig zersetzt.

Die Turmaline kommen im Granit und in den krystallinischen Schiefern eingeschlossen oder auf Spalten sitzend vor. Die mannigfaltige Reihe lässt sich in vier Abtheilungen ohne scharfe Abgrenzung bringen:

Achroit, *Hermann*. Farblose, gelbe, rothe, blassgrüne Krystalle. G. = 3·0. Vorzugsweise das erste Silicat enthaltend. V. d. L. bläht er sich etwas auf und wird trübe, schmilzt jedoch nicht. Farblose und gelbe kommen von Elba, Campolongo im Tessin, Imfeld im Binnenthal, hier im Dolomit sitzend; rothe von Elba, Mursinsk, Chesterfield, aus dem Lepidolith von Rožena in Mähren, Penig in Sachsen, Paris in Maine. Die Säulchen sind hier bisweilen in ein specksteinähnliches Mineral verwandelt. Die rothen, durch Mangan gefärbten Krystalle sind beliebt, carminrothe wurden Rubellit, rosenrothe Siberit, die pfirsichblüthrothen Apyrit genannt. Die Elbaner Krystalle zeigen öfters die isomorphe Schichtung sehr ausgezeichnet: Blassgrüne Säulchen mit blauem oder schwarzem Ende (Mohrenköpfe), grüner Kern und blassrothe Hülle; ebenso das isomorphe Fortwachsen: der schwarze Turmalin des Granits wächst in der Druse zu einem farblosen Ende aus.

Edelturmalin. Grün, blau, braun, durchsichtig mindestens in dünneren Schichten. G. = 3·1. Mischungen des ersten Silicates mit geringen Mengen von den beiden anderen. V. d. L. bläht er sich auf, wird trübe und schmilzt nur an den Kanten zu blasigem Glase. Die grünen aus Brasilien werden durch Reiben und Erwärmen am kräftigsten elektrisch, die braunen aus Ceylon, Brasilien etc. eignen sich am besten für optische Zwecke. Blaue, als Indicolith bezeichnete kennt man von Utöen, aus Brasilien, Goshen in Massachussets u. a. O. Schönfarbige Edelturmaline wurden öfters zu Schmucksteinen verschliffen.

Dravit. Braun bis grünlich und braunschwarz. G. = 3·1. Mischungen des ersten und des zweiten Silicates in ungefähr gleichen Mengen, vom dritten wenig enthaltend, daher unter allen am reichsten an Magnesia. V. d. L. leicht unter Blasenwerfen zu weisslichem bis bräunlichem Glase schmelzbar. Sitzende Krystalle, an welchen das Skalenoëder $R5$ stark entwickelt ist, kommen von Gouverneur in New-York. Sehr bekannt sind die braunen Säulchen im weissen Glimmer (Margarodit) von Unterdrauburg in Kärnten, also aus dem Dravegebiet, was vom Autor zur Bezeichnung der Abtheilung benutzt wurde. Von Eibenstock in Sachsen, aus dem Zillerthal, von Texas in Pennsylvanien u. a. O. sind dunkel gefärbte bis braunschwarze Arten bekannt.

Schörl, schwarzer Turmalin. In feinen Splittern oft noch blau, grünlich oder braun durchscheinend. G. = 3·1 bis 3·24. Mischungen des ersten und dritten Silicates, wenig von dem zweiten enthaltend, daher am reichsten an Eisen. V. d. L. unter Blasenwerfen etwas schwer zu braunem Email oder schwarzbrauner Schlacke schmelzbar.

Stark verbreitetes Mineral, bisweilen in grossen armdicken Krystallen vorkommend. Besonders schöne Krystalle werden bei Pierpoint in New-York gefunden. Oft stecken die Krystalle im Quarz. Sonnenberg bei Andreasberg am Harz, Bodenmais und Hörlberg in Baiern, Meran und Ratschinges in Tirol, Freiwaldau in Schlesien, Schneeberg und Eibenstock in Sachsen sind einige der vielen Fundorte. Als accessorischer Gemengtheil im Granit ist er bald in Krystallen, bald in strahligen Aggregaten vertheilt, welche bisweilen wie Schwämme aussehen, deren Maschen mit Quarz erfüllt sind: Schneckenstein, Elba, Predazzo, Aduntschilon; auch im Gneiss erscheint er accessorisch: Freiberg, Marschendorf, Sterzing; ferner im Chloritschiefer in Tirol und Kärnten, sehr verbreitet als mikroskopischer Gemengtheil in den halbkrystallinischen Phylliten. Auf Magnetitlagerstätten bei Arendal und Vena, mit Eisenspath und Quarz bei Neuberg in Steiermark, in diesen Fällen meist in nadelförmigen Krystallen.

Auf secundärer Stätte finden sich Geschiebe bei Meronitz in Böhmen, auf den Diamantfeldern Brasiliens, auf Ceylon, hier auch solche von Edelturmalin. Wichmann und Renard erkannten Kryställchen in Sanden, und zwar erscheinen sie hier als Neubildung.

Der Schörl findet sich nach Breithaupt und Blum in Pseudomorphosen, welche die Bildung aus Feldspath erkennen lassen; Genth beschreibt Ps. nach Korund. Oefters unterliegen Turmalinkrystalle der Umwandlung zu Glimmer. Die pinitartige Masse mancher Pseudomorphosen dürfte dichter Biotit sein. Die Umwandlung in Chlorit wird auch angegeben.

Granat.

Manche Arten dieses verbreiteten Minerales waren wohl schon im Alterthum bekannt. Der Name, von der Blüthe des Granatbaumes hergenommen, kommt zuerst bei Albertus Magnus (13. Jahrh.) vor. Alle Granate zeigen tesserale Krystallform, die eingeschlossenen (110) und (211), die sitzenden auch andere Formen, doch ist (110) der eigentliche Typus; die Flächen 211 tragen gewöhnlich eine der Combinationskante parallele Riefung. Das Auftreten von Vicinalflächen ist häufig.

Spaltb. nach (110) meist kaum erkennbar. H. = 6·5..7·5. Oft lässt sich an Platten eine Doppelbrechung wahrnehmen, welche nach den Untersuchungen Klein's nicht als wesentlich, sondern als Anomalie anzusehen ist. G. = 3·4 bis 4·3.

Die chem. Zus. entspricht einer isomorphen Mischung mehrerer Silicate, welche alle dem Typus $3CaO . Al_2O_3 . 3SiO_2$ folgen. V. d. L. sind die G. in verschiedenem Grade zu Glas schmelzbar, durch Säure kaum zersetzbar. Nach dem

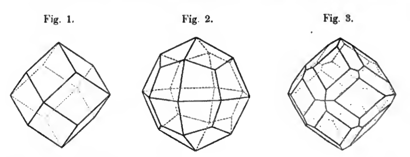
Glühen oder Schmelzen ist das G. verringert, oft um ein Fünftel, und das Pulver lässt sich nun durch Säure leicht zerlegen.

Da sich die chem. Beschaffenheit durch Schmelzen verändert, so waren die Angahen von Klaproth, Kohell u. A., welche durch Schmelzen von Vesuvian und Granat Krystalle von dem Aussehen des Granates erhielten, auffallend. Descloizeaux und Bourgeois erhielten bei Wiederholung solcher Versuche Anorthit und ein dem Melilith ähnliches Silicat.

Die Granate sind in den krystallinischen Schiefern und im Granit verbreitet, auch erscheinen sie als Contactminerale im körnigen Kalkstein, seltener in Eruptivgesteinen.

Der chem. Zus. entsprechend werden folgende Abtheilungen gemacht:

Grossular. Farblos, gelb, spargelgrün bis grasgrün, hyacinthroth bis hräunlich. H. = 6·5..7. G. = 3·4 bis 3·6. Leicht zu farblosem bis grünlichem Glase


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

schmelzhar. Vorherrschend aus dem genannten Silicat $3\,CaO\,.\,Al_2O_3\,.\,3\,SiO_2$ bestehend, welchem 37·2 Kalk, 22·8 Thonerde, 40 Kieselsäure entsprechen. Farhloser G. ist von Jordansmühl in Schlesien, aus Telemarken in Norwegen hekannt. Der eigentliche Grossular von spargelgrüner Farbe ist von Wilui, aus dem Fassathal, von Rezbanya, Cziklowa, wo er als Contactmineral mit Wollastonit etc. im blaulichen Kalkspath vorkommt, hekannt. Honiggelb, hyacinthroth als Hessonit oder Kaneelstein kommt er von Ceylon, Ala in Piemont, Malsjö in Wermland, Amity in New-York. Die hesonders schönfarhigen werden unter dem Namen Hyacinth als Schmucksteine verwendet.

Almandin (Edler Granat). Blutroth, kirschroth, colomhinroth, hräunlichroth, öfters schalig. H. = 7..7·5. G. = 4·1 his 4·3. Vorwaltend aus dem Silicat $3\,FeO\,.\,Al_2O_3\,.\,3\,SiO_2$ hestehend, welchem 43·3 Eisenoxydul, 20·6 Thonerde, 36·1 Kieselsäure entsprechen. V. d. L. zu einem schwärzlichen his schwarzen, meistens deutlich magnetischen Glase schmelzbar. Der A. ist im Glimmerschiefer und Gneiss stark verhreitet. Schöne, durchsichtige Exemplare kommen aus Ceylon, Pegu, Brasilien, Drusen schöner Krystalle von Fahlun, aus Schlesien, Tirol, dem Gotthardgehiet. Der A. wird auch öfters als Schmuckstein henützt.

Melanit. Gelb. grün, roth, braun his schwarz. H. = 7. G. = 3·8 bis 4·1. Vorherrschend ist das Silicat $3\,CaO.Fe_2O_3\,.\,3\,SiO_2$, welchem 33·1 Kalk, 31·5 Eisenoxyd, 35·4 Kieselsäure entsprechen. V. d. L. zu schwarzem, stark magnetischen

Glase schmelzbar. Gelbe durchsichtige Krystalle (Topazolith) von Zermatt, von der Mussa-Alpe, grüne (Aplom) von Schwarzenberg in Sachsen, von der Lena in Sibirien. Charakteristisch ist das Vorkommen gelblich-grüner Krystalle in mehreren Serpentinen, so bei Dobschau. Auf Elba fand man blasse gelbliche Oktaëder, häufig sind braune Krystalle der gewöhnlichen Form bei Arendal, am Vesuv, in Nordmarken. Ein derbes gelbgrünes Vorkommen ist der Demantoid von Syssersk. Der eigentliche sammtschwarze Melanit wird in vulkanischem Tuff von Frascati bei Rom und am Kaiserstuhl in Baden gefunden. In seinem Verhalten steht er schon der folgenden Abtheilung nahe. Enthält Titansäure. Die dem Melanit entsprechende Manganverbindung ist im Spessartin von Aschaffenburg, Salm-Chateau, Haddam vorherrschend.

Gemeiner Granat. Grün, braun. H. = 7. G. = 3·3 bis 3·8. Aus einer Mischung der vorher genannten Silicate bestehend. V. d. L. zu grünem bis schwärzlichem wenig magnetischem Glase schmelzbar. In sitzenden Krystallen ist er häufig: Zillerthal, Morawitza, Schwarzenberg, Breitenbrunn, Vesuv. Im Glimmerschiefer, Phyllit, Eklogit ist der braune sehr verbreitet, der grüne auch in körnigen bis dichten Aggregaten (Allochroit) in Mähren, Tirol, Drammen in Norwegen, am Baikalsee. Der braune Kolophonit ist öfters krystallisirt, bisweilen kommt er in körnigen Lagern vor, so bei Arendal mit Magneteisenerz, bei Wilsboro in New-York. Man gebraucht ihn als Zuschlag bei der Eisenfabrication. Als Kolophonit wurde irrigerweise auch brauner Vesuvian von Arendal etc. bezeichnet. Der gemeine Granat wird oft als Schleifmittel benutzt.

Pyrop. Dunkel hyacinthroth bis blutroth, gewöhnlich in losen Körnern, die selten eine undeutliche Hexaëderform erkennen lassen. H. = 7·5. G. = 3·7 bis 3·78. Etwas schwierig zu schwarzem, nicht magnetischem Glase schmelzbar. Vorwiegend eine Mischung von $3\,MgO\,.\,Al_2O_3\,.\,3\,SiO_2$ mit Almandinsubstanz, auch etwas Chrom enthaltend. Als accessorischer Gemengtheil in manchen Serpentinen verbreitet: Karlstätten in Oesterreich, Krems bei Budweis in Böhmen, Zöblitz in Sachsen. Auf secundärer Stätte bei Meronitz und Podsedlitz u. a. O. in Böhmen lose oder im Halbopal, der noch Serpentin enthält. Wird zu Schmucksteinen (böhmischer Granat) und als Schleifmaterial benützt. Den alten Namen Carbunculus, welcher zumeist für rothen Granat gebraucht wurde, bezieht man in erster Linie auf den Pyrop, ebenso den Namen des Wundersteines Karfunkel.

Uwarowit dunkelsmaragdgrün. Sitzende Krystalle, die vorherrschend aus $3\,CaO\,.\,Cr_2O_3\,.\,3\,SiO_2$ bestehen. H. = 7·5 bis 8. Seltenes Mineral. Bissersk und Kyschtimsk im Ural.

Die Granate unterliegen mannigfachen Veränderungen, am häufigsten jener zu Chlorit (Saualpe, Zöblitz etc.) und zu Glimmer (Arendal, Oetzthal). Eine merkwürdige Erscheinung ist die Veränderung mancher im Olivinfels und Serpentin vorkommenden Pyrope, welche sich im Anfange der Umwandlung mit einer radialfaserigen Rinde bedecken. H. Müller und der Autor haben diese Bildung zuerst beschrieben. Das faserige Gemenge besteht nach Becke aus Hornblende, Anthophyllit, Picotit. (Greifendorf in Sachsen, Karlstätten in Oesterreich, Krems, bei Budweis etc.) Blum hat ebenfalls die Umwandlung in Hornblende

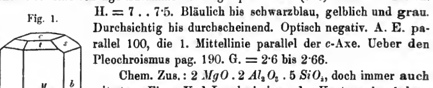
beobachtet. Zuweilen kommen im Serpentin auch Pseudomorphosen dieses Minerals nach Granat vor. Bei der Verwitterung liefern die eisenhaltigen Granate rostfarbige oxydreiche Producte.

Der Romanzowit, Erlan gehören znm Grossular, der Rothhoffit, Polyadelphit, Pyrenäit znm Melanit. Der höchst seltene monokline Partschin von Olahpian ist in der Znsammensetzung dem Spessartin ähnlich.

Cordierit, *Hauy* (Dichroit).

Durch den Pleochroismus und seine Umwandlungen interessant, kommt nur im Gestein eingeschlossen vor. Die rhombischen Krystalle zeigen ein Prisma (110) von 60°50′, welches mit (010) combinirt oft das regelmässige sechsseitige Prisma nachahmt. Gewöhnlich treten $c = (001)$, $s = (011)$ und $t = (112)$ hinzu. A. V. 0·5871 : 1 : 0·5585. Zwillingsbildungen nach 110 sind nicht häufig. Nach c erscheint oft eine schalige Zusammensetzung. Spaltb. nach (010) ziemlich deutlich. H. = 7 . . 7·5. Bläulich bis schwarzblau, gelblich und grau. Durchsichtig bis durchscheinend. Optisch negativ. A. E. parallel 100, die 1. Mittellinie parallel der c-Axe. Ueber den Pleochroismus pag. 190. G. = 2·6 bis 2·66.

Fig. 1.



Chem. Zus.: $2\,MgO\,.\,2\,Al_2O_3\,.\,5\,SiO_2$, doch immer auch mit etwas Eisen. V. d. L. schwierig an den Kanten schmelzbar, durch Säure nur wenig zersetzbar.

In einzelnen Krystallen oder Verbindungen einiger Krystalle auch derb im Granit von Bodenmais auf der Magnetkieslagerstätte, in der Kupfererzlagerstätte bei Orijärfvi in Finland, im Gotthardgebiet, im Gneiss bei Lunzenau in Sachsen, Arendal und Kragerö in Norwegen, Fahlun in Schweden, Haddam in Connecticut, in einem trachytischen Gestein bei Campiglia maritima in Toscana. Auf secundärer Stätte in glatten Geschieben auf Ceylon.

Dnrch die chemischen Veränderungen, welchen der Cordierit unterliegt, entstehen weiche, hellfarbige oder dunkelgefärbte, oft mit Glimmerblättchen bedeckte Pseudomorphosen, welchen verschiedene Namen gegeben wurden. Dss Endresultat ist der Pinit, welcher die Form des C. oft noch gut erhalten zeigt, und hauptsächlich aus Muscovit und Biotit besteht.

Der Cordierit hat auch die Namen Peliom, Steinheilit, Iolith, harter Fahlunit, Luchssapphir, Wassersapphir, Polychroit erhalten. Der theilweise umgewandelte ist mit den Namen Aspasiolith. Chlorophyllit, Bonsdorffit, Praseolith, Peplolit, Huronit, Esmarkit belegt worden. Letzteren hat man aber, wie Descloizeaux bemerkte, auch einem Skapolith und einem Anorthit gegeben. Die dem Pinit näher stehenden Umwandlungsproducte wurden als Fahlunit, Gigantolith, Iberit, Oosit, Weissit, Groppit bezeichnet (üb. d. Umwandlung Bischof. Chem. und phys. Geologie II, pag. 569, und Wichmann, Zeitschr. geol. Ges. Bd. 26, pag. 675).

Digitized by Google

Beryll.

Ein wichtiges Glied in der Reihe der Edelsteine. Die Namen Beryll und Smaragd findet man schon im Theophrast und Plinius. Die hexagonale Krystallform ist ein Beispiel reicher Entwickelung der holoëdrischen Symmetrie. Unter den sitzenden Krystallen kommen solche mit ungemein vielen Flächen vor. Immer herrscht das Prisma, oft auch die Endfläche, häufig ist das Deuteroprisma und die Pyramide p, auch die Deuteropyramide $r = (11\bar{2}1) = 2P2$ ausgebildet. Nicht selten beobachtet man auch $u = (20\bar{2}1) = 2P$ und $v = (21\bar{3}1) = 3P\frac{3}{2}$. Die Prismenzone ist oft gerieft, viele Krystallo zeigen eino isomorphe Schichtung sehr schön.

Spaltb. nach der Endfläche deutlich. H. = 7·5 . . 8. Optisch negativ, mit schwacher Doppelbrechung. Die klarsten Krystalle zeigen im pol. Lichte Abnormitäten und Oeffnung des Krenzes, daher Mallard die Beryllkrystalle für mimetische hält. In den deutlich gefärbten Exemplaren ist der Pleochroismus gut erkennbar. G. = 2·67 bis 2·76.

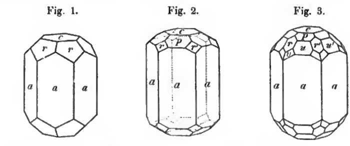


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Chem. Zns.: $3\,BeO\,.\,Al_2O_3\,.\,6\,SiO_2$, entsprechend 14·1 Beryllerde, 19·1 Thonerde, 66·8 Kieselsäure. In den grünen ist der kleine Chromgohalt nach Wöhler die Ursache der Färbung. V. d. L. nur schwierig an den Kanten schmelzbar, durch Säure nicht zersetzbar. Ebelmen versuchte die Nachahmung des B. und erhielt durch Schmelzen nach seiner Methode kleine hexagonale Prismen.

Man bezeichnet die durchsichtigen schön grünen Arten als Smaragd. Dieser ist seit jeher wegen der angenehmen Farbe als Edelstein ungemein geschätzt worden. Diamanten, Perlen und Smaragd nennt Plinius die kostbarsten Juwelen. Der Ring des Polykrates soll einen Smaragd enthalten haben. Die Smaragdgruben von Zabarah bei Kosseir am rothen Meere wurden einer dort gefundenen Hieroglyphenschrift zufolgo schon 1650 vor Chr. bearbeitet. Die berühmten Gruben im Tunkathale in Columbien wnrden 1555 entdeckt, die Grube Muzo in Neugranada kannten die Spanier seit 1537. Hier findet sich der Smaragd mit Kalkspath, Quarz, Pyrit in einem versteinerungsreichen bituminösen Kalkstein und schwarzem Thonschiefer in prächtigen sitzenden Krystallen. Die Smaragde, welche im Glimmerschiefer von Takowaja bei Katharinenburg eingeschlossen vorkommen, wurden 1830 entdeckt. Die kleinen Krystalle im Glimmerschiefer des Habachthales im Salzburgischen sind oft nicht klar genug für die Verwendung als Schmuckstein.

Digitized by Google

Die durchsichtigen Berylle von gelber und blauer Farbe, ferner die meergrünen Aquamarine kommen von Takowaja, von Mursinka, Schaitanka bei Katharinenburg, vom Aduntschilongebirge, vom Urulgaflusse im Nertschinsker Kreise, fast farblose von Elba, dem Mournegebirge in Irland, von hier in sitzenden Krystallen aus dem Granit.

Der gemeine Beryll ist durchscheinend oder trübe, grünlichweiss, strohgelb, wachsgelb. Er findet sich als accessorischer Gemengtheil im Granit bei Bodenmais, Ehrenfriedersdorf, Schlackenwald, Limoges u. a. O. oft in grossen Krystallen. Bei Ackworth und Grafton in New-Hampshire wurden Exemplare bis zu 30 Centnern im Gewichte angetroffen.

Nach den Beobachtungen Blum's u. A. verwandelt sich der B. öfters in Glimmer. Bei der Verwitterung geht er nach Damour in Kaolin über. Diese Erscheinungen erinnern an den Orthoklas, dessen chem. Formel das gleiche Verhältniss von Al und Si angibt.

Des Berylliumgehaltes wegen soll hier der Enklas erwähnt werden, ein sehr seltenes Mineral von monokliner Form, ausgezeichneter Spaltb. nach der Längsfläche, H. = 7 5. Chem. Zus. $(BeOH)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2$, also schon zu den basischen Alumosilicaten gehörig. Villarica in Brasilien mit Topas im Chloritschiefer, lose mit Korund etc. im Sand an der Sanarka im Ural, sehr spärlich auf Periklin sitzend in den Tauern.

Epidotgruppe.

Minerale mit vollk. Spaltb. H. = 6 .. 7. Meist gefärbt. Alle sind unter Blasenwerfen schmelzbar, da sie basisches Wasser enthalten. Die chem. Zus. lässt sie als basische Alumosilicate erscheinen. Sie kommen in sitzenden und auch in eingeschlossenen Krystallen oder derb vor.

Zoisit, *Werner*.

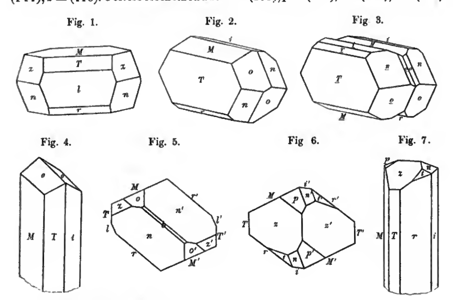
Die Krystalle sind langsäulenförmig, der Länge nach stark gerieft, fast immer im Gestein eingeschlossen, meist ohne deutliche Endigung. (110) = 63°34′, (021) = 68°54′. Spaltb. nach (010) sehr vollk. H. = 6. Meist nur durchscheinend oder ganz trübe, Farben aschgrau, gelblichgrau, grünlichweiss bis grün. Die Krystalle sind optisch nicht homogen. Platten parallel 100 zeigen die Axenbilder, die A. E. ist aber bald 010, bald 001 parallel und dies oft am selben Krystall. G. = 3·25 bis 3·36.

Chem. Zus.: $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$, entsprechend dem einen im Epidot enthaltenen Silicat. V. d. L. unter Blasenwerfen an den Kanten zu klarem Glase schmelzbar, durch Säure nur wenig zersetzbar. Der Z. kommt in den krystallinischen Schiefern, besonders im Hornblendeschiefer und auch in manchem Granit, sowohl in einzelnen Säulchen, als in stengeligen Aggregaten vor. Er ist oft mit Quarz verwachsen. Bekannte Fundstellen liegen bei Sterzing, im Pfitsch, Passeyr, bei Pregratten in Tirol, im Grossarl, Fusch in Salzburg, am Bacher, der Koralpe, Saualpe, bei Gefrees im Fichtelgebirge, im Saasthale.

Die schönen, grünen, durchsichtigen Krystalle von Duktown in Tennessee erlaubten eine krystallographische Bestimmung. (Autor, Sitzber. Wien. Ak., Bd. 82, pag. 141.) Die rosenrothen von Souland in Telemarken wurden als Thulit bezeichnet.

Epidot, *Hauy* (Pistazit).

Durch die Krystallisation und die Bildungsweise merkwürdig. Er wird oft in schönen sitzenden Krystallen von monokliner Form gefunden, die meistens eine ungewöhnliche Ausbildung haben, da sie nach der b-Axe gestreckt sind. Solche Krystalle haben die Symmetrieebene horizontal, wenn sie mit ihrem längsten Durchmesser aufrecht gestellt werden, wie in Fig. 4 und 7. Die häufigsten Flächen sind $T = (100)$, $M = (001)$, $r = (\bar{1}01)$, $l = (\bar{2}01)$, $o = (011)$, $n = (\bar{1}11)$, $z = (110)$. Oefters erscheinen auch $i = (\bar{1}02)$, $p = (\bar{2}31)$, $t = (\bar{4}23)$, $b = (010)$.



Wichtige Winkel sind:

$T : M = 100 : 001 = 64° 36'$	$z : z' = 110 : \bar{1}10 = 70° \ 0'$
$M : r' = 001 : \bar{1}01 = 63 \ 42$	$o : o' = 011 : 01\bar{1} = 63 \ \ 2$
$r : l = 10\bar{1} : 20\bar{1} = 25 \ 45$	$n' : n = \bar{1}11 : 11\bar{1} = 70 \ 26$
$l : T = 20\bar{1} : 100 = 25 \ 57$	$z : n = 110 : 11\bar{1} = 62 \ 20$

A.V. $= 1{\cdot}5807 : 1 : 1{\cdot}8057$, $\beta = 64° 36'$.

Die oft prächtigen Krystalle sind für Messungen sehr einladend. Viele Forscher, wie Hessenberg, Kokscharow, Zepharovich, v. Rath, Klein, Bücking, haben sich mit der Bestimmung der Formen, deren jetzt schon 220 bekannt sind, beschäftigt. S. Bücking in der Zeitschr. f. Kryst., Bd. 2, pag. 320. (1878.)

Zwillingsbildung nach $T = 100$ ist häufig. Auch die einfach aussehenden Krystalle zeigen gewöhnlich feine Zwillingslamellen parallel T eingeschaltet. Seltener ist die Zwillingsbildung nach M.

Spaltb. nach $M = (001)$, sehr vollk., die Spaltflächen haben starken Glanz, nach $T = (100)$ vollk. H. $= 6{\cdot}5$. Die Farbe ist gelbgrün, pistazgrün bis schwarzgrün, auch graugrün, selten roth. Der Pleochroismus ist stark. Optisch negativ. A. E. parallel 010. Winkel $100 . \mathfrak{c} = 2° 56'$, $\mathfrak{c} . 001 = 61° 40'$ für roth. Eine Platte

parallel M zeigt im Konoskop ein Axenbild, und viele Epidote lassen, durch M gesehen, ein idiophanes Axenbild, aus zwei dunklen Büscheln bestehend, erkennen. (Bertin, Zeitschr. Kryst., Bd. 3, pag. 449.) Dem entspricht auch die Erscheinung, dass derlei Krystalle, durch M gesehen, dunkel, in anderen Richtungen viel heller gefärbt erscheinen. G. = 3·32 bis 3·49.

Die chem. Zus. entspricht einer Mischung zweier Silicate:

$$H_2 Ca_4 Al_6 Si_6 O_{26} = (HOCa)_2 O \,.\, 2 CaO \,.\, 3 Al_2 O_3 \,.\, 6 SiO_2 \text{ Zoisitsilicat}$$
$$H_2 Ca_4 Fe_6 Si_6 O_{26} = (HOCa)_2 O \,.\, 2 CaO \,.\, 3 Fe_2 O_3 \,.\, 6 SiO_2 \text{ Epidotsilicat}$$

Das erste mit	24·6 Kalk	33·9 Thonerde	39·5 Kieselsäure	2·0 Wasser
„ zweite „	20·7 „	44·3 Eisenoxyd	33·3 „	1·7 „

Das erste Silicat, welches auch rhombisch als Zoisit krystallisirt, ist demnach dimorph. Die Mischung im Epidot geht nach den bisherigen Beobachtungen blos bis zum Gehalte von 17 Percent Eisenoxyd. (Antor, Sitzber., Ak. Wien, Bd. 50, pag. 586. Ludwig, in Tschermak's Mineral. Mitth. 1872, pag. 187.)

V. d. L. schmelzen die Epidote an den Kanten und blähen sich zur blumenkohlartigen Masse auf, die nicht weiter schmilzt. Die eisenreichen schmelzen leichter. Durch Säure wird er im ursprünglichen Zustande wenig angegriffen, nach dem Glühen aber vollkommen zersetzt.

Der Epidot findet sich in allen Silicatgesteinen bis in die älteren sedimentären Bildungen, doch ist seine Existenz zumeist von Feldspath und den Mineralen der Pyroxengruppe abhängig. Die sitzenden Krystalle sind einzeln oder in Drusen oft zu stengligen oder strahligen Aggregaten verbunden auf Gängen und Klüften in den krystallinischen Schiefern, besonders im Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, sowie auch im Diorit, Diabas, Gabbro, Syenit etc., endlich auch in manchen Mandelsteinen und auch auf Erzlagerstätten anzutreffen. Häufige Begleiter sind Quarz, Albit, Klinochlor, Ripidolith, Asbest. Schöne grosse Krystalle und Drusen liefern die Knappenwand im Untersulzbachthale in Salzburg, Zöptau in Mähren, Ala und Traversella in Piemont, das Hasli und Tavetsch, Zermatt in der Schweiz, Bourg d'Oisans im Isère-Departement, Achmatowsk, Arendal etc. Der rothe Epidot aus dem Zillerthal wurde irrig Thulit genannt. In eingeschlossenen Krystallen ist der Epidot in manchem Chloritschiefer, z. B. in den Tauern, ferner in Phylliten verbreitet, im Kalkspath findet er sich bei Achmatowsk, wo er als Bucklandit bezeichnet wurde.

Die grösste Verbreitung hat der Epidot als ausgesprochen secundäre Bildung in faserigen, körnigen bis dichten Aggregaten. Man kennt nicht nur vollständige Pseudomorphosen, welche die Bildung nach Plagioklas, Orthoklas und Skapolith, ferner nach Augit, Hornblende und auch nach Granat erweisen, sondern man bemerkt auch den Anfang der Umwandlung in den Feldspathkrystallen vieler Gesteine. Mit dem Fortschreiten der Veränderung wächst der Epidotgehalt. In grösster Menge bildet sich das Mineral in den Felsarten, welche Plagioklas und ein Mineral der Pyroxen-Amphibolgruppe enthalten. Die Zusammensetzung des Epidots lässt auch erkennen, dass beiderlei Minerale zusammentreffen müssen, um Epidot zu geben. Der grüne Porphyr, welcher im Alterthum häufig ver-

Digitized by Google

wendet wurde, verdankt seine Farbe vor Allem der Neubildung von Epidot, ebenso rührt die Farbe der eigentlichen Grünschiefer ebendaher.

Der Withamit, Puschkinit gehören zum Epidot.

Der Orthit, von brauner bis schwarzer Farbe, zuweilen fast halbmetallisch aussehend, ist mit Epidot isomorph und diesem analog zusammengesetzt, jedoch reich an seltenen Grundstoffen: Ce, La, Di, Er, Y. Mancher ist nach Descloizeaux einfach brechend, wahrscheinlich in Folge von Zersetzung. Hitteröe, Fahlun, Miask (Uralorthit), Auerbach an der Bergstrasse, Plauen bei Dresden, auch am Vesuv und Laachersee. Der Bucklandit von Arendal ist Orthit, der Bagrationit, Muromontit, Bodenit scheinen auch hierher zu gehören, der Pyrorthit wird als ein unreiner O. betrachtet. Der Allanit oder Cerin von Stockholm, Bastnäs, Snarum, Schmiedefeld, Orange County u. a. O. dürfte auch zum O. zu rechnen sein.

Zur Epidotgruppe gehört vielleicht auch der monokline Mosandrit, welcher ausser den Stoffen des Epidots auch Ce, La, Di und Ti enthält. Brevig.

Vesuvian, *Werner* (Idokras, *Hauy*).

Zuerst vom Vesuv bekannt, wurde dieses Mineral später als Contactbildung in körnigem Kalk, auf Klüften u. s. w. in den alten krystallinischen Silicatgesteinen oft gefunden. Es bildet meist sitzende Krystalle von tetragonaler Form. Die Winkel sind insofern schwankend, als an den hellergefärbten die Grundpyramide $(111) = 105^{\circ} 33'$, an den dunkleren $106^{\circ} 31'$ als Mittelwerth ergeben hat. Die Pyramide ist also ziemlich flach. Der Formenreichthum ist gross, da schon 22 verschiedene Pyramiden und fast ebensoviele achtseitige P. bekannt sind. Zepharovich (Sitzb. Ak. Wien, Bd. 49, pag. 106), Kokscharow, Strüver (Zeitschr. Kryst., Bd. 1, pag. 251) haben sorgfältige Bearbeitungen geliefert.

Ausser den Prismen $m = (110)$, $a = (100)$, der Pyramide $u = (111)$ und Basis $c = (001)$ sind häufig auftretende Formen: $e = (101)$, $s = (311)$, $t = (331)$, auch kommen sehr flache Pyramiden, z. B. $i = (113)$ oder $\gamma = (118)$ vor. Die Krystalle sind meist säulenförmig, seltener pyramidal ausgebildet, in der Säulenzone oft stark gerieft. Im Innern zeigen grosse Krystalle oft einen auffallend schaligen Bau.

Spaltb. nach a und m unvollk. H. = 6·5. Farbe gelb, grün, braun bis schwarz, selten roth oder blau. Der Pleochroismus ist gering, die Doppelbrechung schwach, negativ. Die Krystalle zeigen opt. Anomalien, welche Mallard durch Mimesie erklärt.

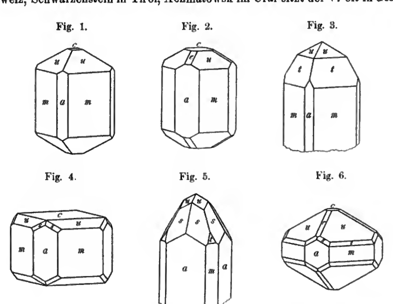
Die chem. Zus. entspricht einer Mischung isomorpher Verbindungen, deren Formel noch nicht völlig sichergestellt ist. Nach den letzten Analysen von Ludwig und Renard folgen dieselben dem Typus:

$$H_4 Ca_{12} Al_6 Si_{10} O_{43} = 2\, H_2 O_2 Ca_2 O \,.\, 8\, CaO \,.\, 3\, Al_2 O_3 \,.\, 10\, SiO_2$$

indem ausser diesem Silicat auch etwas von dem entsprechenden Eisenoxydsilicat beigemischt ist, welches überdies Magnesia und Eisenoxydul enthält. Nach dem Vorgange von Berzelius glaubte man früher die Granatformel anwenden zu dürfen. Nach Jannasch enthalten manche Vesuviane auch etwas Fluor und Borsäure. V. d. L. ist der V. unter Aufschäumen zu grünlichem oder bräunlichem Glase schmelzbar. Im ursprünglichen Zustande wird er von Säure wenig angegriffen, nach dem Schmelzen aber vollständig zersetzt.

Digitized by Google

Ausgezeichnet ist das Vorkommen am Vesuv in den Kalkhlöcken der Somma, worin Krystalle von gelber, brauner his schwarzhrauner Farbe sitzen, die oft mannigfache Combinationen darhieten. Hauy zeichnete schon eine Form mit 90 Flächen. Die Begleiter sind Granat, Augit, Hornhlende, Meroxen, Nephelin etc. Um den Monzoni im Fassa, bei Orawitza und Dognaczka im Banat, hei Auerbach an der Bergstrasse u. a. O. ist der Vesuvian Contactmineral. Er bildet gelbe und hraune, oft pyramidale Krystalle im Kalkspath neben Granat, Wollastonit etc. Am Wiluifluss in Sibirien finden sich eingeschlossene und gut ausgehildete Krystalle (Wiluit) neben Achtaragdit. Bei Ala in Piemont, Zermatt in der Schweiz, Schwarzenstein in Tirol, Achmatowsk im Ural sitzt der V. oft in Gesell-



schaft von Diopsid und Klinochlor auf Spalten in krystallinischen Schiefern. In der grünen Farhe ist er hier oft dem Epidote gleich, so dass er damit verwechselt werden kann. Bei Egg und Ecker in Norwegen wurden dicke, sehr grosse Krystalle gefunden. Die hraunen, stark gerieften Säulen von Haslau bei Eger in Böhmen nannte Werner Egeran.

Der schalige Vesuvian beherhergt, ähnlich wie mancher schalige Granat, öfters Partikel von seinen Begleitern. Derlei Verwachsungen wurden öfters für Pseudomorphosen gehalten. Die Verwandlung in Klinochlor ist jedoch sichergestellt.

Der blaue Cyprin von Souland in Telemarken ist ein durch Kupferoxyd gefärbter Vesuvian, der Frugardit ist magnesiareich, der Xanthit gehört zum Vesuvian, ebenso der im Kalk vorkommende Kolophonit von Arendal.

Der rhombische Ardennit, stengelig bis faserig, ist dem Vesuvian verwandt, enthält jedoch etwas Arsen und Vanadin.

Der Karpholith, ein feinfaseriges, seidenglänzendes, gelbes bis grünes Mineral, das öfters Büschel und Kluftfüllungen bildet, ist ein wasserhaltiges und manganhaltiges Alumo-

silicat. Sehr bekannt ist das Vorkommen mit blauem Fluorit bei Schlackenwald; neuerlich wurde von Lossen bei Wippra im Harze ein grüner K. in schönen faserigen Trümern entdeckt.

Der Epidotgruppe fügen sich noch folgende Silicate an, die unter Blasenwerfen zu Glas schmelzen:

Prehnit, *Werner*.

Form rhombisch, $(110) = 80^\circ 2'$. Oft in fächerförmigen oder kugeligen Gruppen und Drusen. Spaltb. nach 001 ziemlich vollk. H. = 6·5. Farblos oder grünlich. G. = 2·8 bis 3.

Chem. Zus.: $(HOCa)_2O \, . \, Al_2O_3 \, . \, 3\, SiO_2$. Durch Säure wird er nur wenig angegriffen. Findet sich oft mit Epidot, so bei Bourg d'Oisans im Dauphinée, Wermsdorf in Mähren, im Fassathal. Der P. kommt auf Klüften im Granit, häufiger im Diorit und in den Blasenräumen vulkanischer Gesteine vor. Er wird daher öfters zu den Zeolithen gerechnet, von welchen er sich aber durch das chemische Verhalten unterscheidet.

Der sehr feinfaserige grüne Chlorastrolith, der in kleinen Geschieben am Oberen See in Nordamerika gefunden und öfters als Schmuckstein benutzt wird, ist nach Hawes ein unreiner Prehnit.

Axinit, *Hauy*.

Trikline Krystalle, an welchen häufig $p = (1\bar{1}0)$, $a = (100)$, $u = (110)$, $r = (1\bar{1}1)$, $s = (201)$, $x = (111)$ auftreten. Winkel $ru = 64^\circ 22'$, $rp = 45^\circ 15'$, $pu = 44^\circ 29'$. Die schweizer Krystalle, wie einer in beistehender Figur dargestellt ist, haben am Rande fast messerscharfe Kanten. H. = 6·5 ... 7. Farbe nelkenbraun bis rauchgrau, pflaumenblau, pfirsichblüthroth, stark pleochroitisch. Die Krystalle sind bisweilen stark mit Chlorit verunreinigt. G. = 3·29 bis 3.

Fig. 1.

Chem. Zus. noch nicht genau bekannt, nach Rammelsberg $HCa_3BAl_2Si_4O_{16}$ mit Beimischung der entsprechenden Eisen- und Mangansilicate. Durch Säure wird er nicht angegriffen. Bourg d'Oisans, Andreasberg, Treseburg, Thum, Scopi, Gotthard, Poloma, Botallack etc., auf Klüften von alten Silicatgesteinen.

3. Ordnung: Hydrosilicate.

Auch diese Abtheilung zählt sehr viele Gattungen. Dieselben sind Silicate von geringerer Härte (H. meist unter 5, gewöhnlich etwa 3), die alle einen wesentlichen Wassergehalt besitzen. Sie zeigen Glasglanz, Fettglanz, die vollk. spaltbaren öfter Perlmutterglanz, und erscheinen durchsichtig bis fast opak, spröde oder milde. Im Kölbchen geglüht, liefern die meisten Wasser.

Die chem. Zus. folgt mehreren Typen, wie folgende Beispiele zeigen:

Saure Salze:

$H_4Na_2Al_2Si_4O_{14}$ Analcim, abgeleitet von $Al_2H_2O_4$ und $4\,H_4SiO_4$

$H_4Al_2Si_2O_9$ Kaolin „ „ $Al_2H_4O_6$ „ $2\,H_2SiO_3$

$H_2Mg_3Si_4O_{12}$ Talk „ „ . . . . $4\,H_2SiO_3$

Digitized by Google

Basische Salze:

$(HOZn)_2 SiO_3$ Kieselzinkerz abgeleitet von . . . . $H_2 SiO_3$

$(HO Mg)_3 HSi_2O_6$ Serpentin „ „ . . . . $2 H_2 SiO_3$

$(HO Mg)_3 H_2 Al_2 SiO_7$ Chloritsilicoaluminat $Al H_6 O_6$ und $H_2 SiO_3$

$H_2 Al_2 Si_2 O_8$ Glimmersilicat, abgeleitet von $Al H_6 O_6$ „ $2 H_2 SiO_3$

Sehr viele zu dieser Ordnung gehörige Arten haben eine secundäre Bildung, sind Umwandlungs- oder Verwitterungsproducte von Siliciden.

Zeolithe.

Die Eigenschaft der meisten hierher gehörigen Minerale, beim Erhitzen unter Aufschäumen zu schmelzen, erkannte zuerst Cronstedt an den schönen isländischen Gattungen, die er als Zeolithe (Siedesteine) zusammenfasste. Bergmann beobachtete ein anderes charakteristisches Verhalten, die Zersetzbarkeit durch Säure unter Gallertbildung, welches vielen hierher gehörigen Mineralen zukommt. Die Zeolithe sind gut krystallisirt, die Krystalle fast immer sitzend, farblos oder weiss. Eine isomorphe Beimischung von Eisensilicat kommt nicht vor. Wegen des oft bedentenden Wassergehaltes ist ihr G. niedrig, gewöhnlich 2·2, die Härte nicht bedeutend, meist 3·5 bis 5.

Die chemische Zusammensetzung ist eigenthümlich. Die Zeolithe sind fast durchgehends wasserhaltige Alumosilicate von Calcinm und Natrium, und zwar scheint es beim Anblick der empirischen Formeln, als ob die Silicate der Nephelin- und Feldspathgruppe mit Wasser verbunden wären. Mehrere Zeolithe erscheinen wie gewässerte Plagioklase. Das Wasser ist jedoch entweder ganz oder zum Theile innig gebunden. Demnach sind die Zeolithe saure Salze, in welchen blos ein Theil des Wasserstoffes der Kieselsäure durch die Gruppen $Ca Al_2 O_2$ oder $Na_2 Al_2 O_2$ ersetzt ist, und sie entsprechen in der That den Silicaten der Nephelin- und Feldspathgruppe, welche als Anhydridsalze bezeichnet wurden (pag. 438). Man kann also die Formel der Zeolithe so gliedern, dass ein Theil als normales Salz, der zweite als Kieselsäure oder Kieselhydrat erscheint, wozu öfters noch Krystallwasser kommt, z. B.:

$Na_2O . Al_2O_3 . 4 SiO_2 . 2 H_2O$ Analcim als $Na_2 Al_2 Si_2O_8 . 2 H_2 SiO_3$

$CaO . Al_2O_3 . 4 SiO_2 . 4 H_2O$ Laumontit „ $Ca Al_2 Si_2O_8 . 2 H_2 SiO_3 + 2 H_2O$

$Na_2O . Al_2O_3 . 3 SiO_2 . 2 H_2O$ Natrolith „ $Na_2 Al_2 Si_2O_8 . H_4 SiO_4$

$CaO . Al_2O_3 . 3 SiO_2 . 3 H_2O$ Skolezit „ $Ca Al_2 Si_2O_8 . H_4 SiO_4 + H_2O$

$CaO . Al_2O_3 . 6 SiO_2 . 5 H_2O$ Stilbit „ $Ca Al_2 Si_4O_{12} . 2 H_2 SiO_3 + 3 H_2O$

$CaO . Al_2O_3 . 6 SiO_2 . 6 H_2O$ Desmin „ $Ca Al_2 Si_4O_{12} . 2 H_2 SiO_3 + 4 H_2O$

Freilich ist es oft schwer zu bestimmen, wie viel von Krystallwasser vorhanden sei. Die krystallwasserhaltigen Zeolithe sind sehr hygroskopisch. In trockener Luft und beim Erwärmen verlieren sie oft bedeutende Mengen von Wasser, welche sie aus feuchter Luft wieder anziehen. Damour hat hierüber wichtige Versuche angestellt, pag. 246.

So wie die Zeolithe sämmtlich durch Sänre leicht zersetzt werden, so unterliegen sie auch leicht anderen chemischen Veränderungen. Sie haben die Eigen-

Digitized by Google

schaft, Calcium und Natrium an Lösungen abzugeben und aus diesen Kali, Ammoniak und andere Stoffe aufzunehmen (Eichhorn, Poggend. Ann, Bd. 105 pag. 126, Lemberg, Zeitschr. geol. Gesellsch., Bd. 22, 24, 28, 29). In der Ackererde sind aber auch Silicate vorhanden, welche durch Säure leicht zersetzt werden, ferner zeigt die Ackererde gleichfalls die Fähigkeit des genannten Austausches. Dieser höchst bedeutsame Vorgang, welcher zum grossen Theil den Stoffwechsel in der Ackerkrume regelt, wird sonach der Gegenwart von Zeolithen zngeschrieben, welche auch hier aus Feldspathsubstanz entstehen.

Natrolith, *Werner* (Mesotyp z. Th.).

Einer der gewöhnlichsten Zeolithe, der anch zuerst von Cronstedt untersucht wurde. Er bildet rhombische langsäulenförmige Krystalle bis herab zu den feinsten Fasern, daher Faserzeolith bei Werner. Das Prisma ist fast rechtwinkelig (110) = 89°. Die Endigung bildet eine niedere Pyramide, mit 110 einen Winkel von 63° 16′ gebend. A. V. = 0·979 : 1 : 0·353 (über die Form: Seligmann, Zeitschr. Kryst. I. 338, Brögger ebend. III. 478. Palla, IX. 386). Spaltb. nach (110) vollk. H. = 5 . . 5·5. Optisch positiv. A. E. parallel 010, die 1. Mittellinie parallel der aufrechten Axe. G. = 2·17 bis 2·26.

Chem. Zus.: $2 H_2O . Na_2O . Al_2O_3 . 3 SiO_2$ mit 47·3 Kieselsäure, 26·9 Thonerde, 16·3 Natron, 9·5 Wasser. V. d. L. bläht sich der Natrolith auf und gibt ein klares Glas, durch Säure wird er unter Gallertbildung zersetzt.

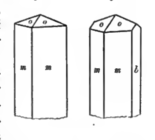


Fig. 1. Fig. 2.

Der N. ist im Bereiche der vulkanischen Felsarten in Drusen, welche Hohlräume auskleiden, ferner in faserigen, zuweilen gelb gefärbten Krusten, in Füllungen von Klüften nnd Mandeln, sowie als Imprägnation stark verbreitet, so bei Aussig und Teplitz in Böhmen, am Hohentwiel in Würtemberg im Phonolith, im Fassathal in Tirol, bei Tekerö in Siebenbürgen im veränderten Augitporphyr, in der Auvergne, bei Sontra in Hessen, auf den Faröern im veränderten Basalt und Dolerit. Schöne grosse Krystalle (Brevicit) kommen von Brevig in Norwegen. In dem Syenit des südlichen Norwegens erscheint der Natrolith oft wirrfaserig (Bergmannit, Spreustein, Radiolith) und auch in Pseudomorphosen nach Eläolith und Orthoklas (Eckenbrecher in Tschermak's Min. n. petr. Mitth. 3, pag. 20).

Der Skolezit ist dem Natrolith sehr ähnlich. Die Krystalle zeigen fast die gleichen Winkelverhältnisse, sie sind jedoch dem optischen Verhalten zufolge monoklin. Durch Erwärmen werden sie stark polar-elektrisch, das freie Ende wird beim Abkühlen positiv elektrisch. Chem. Zus.: $3 H_2O . Ca O . Al_2O_3 . 3 Si O_2$. Der Sk. findet sich in basaltischem Gestein in der Anvergne auf Staffa, den Faröern etc., jedoch im Ganzen viel seltener als der Natrolith.

Der Mesolith ist wieder hänfiger. Die Krystalle sind auch jenen des Natroliths ähnlich aber nach Descloizeaux triklin. Die chem. Zus. entspricht einer Molekelverbindung der beiden vorigen Substanzen. Island, Faröer, Skye, Riesendamm in Irland in basaltischem Gestein, Seisseralpe in Tirol im Augitporphyr.

Digitized by Google

Nach Lüdecke gibt es auch einen monoklinen Mesolith und einen triklinen Skolezit. Der Galaktit, Lehuntit gehören zum Natrolith, der Poonalith zum Skolezit, der Antrimolith, Harringtonit zum Mesolith.

Der tetragonale Edingtonit, ein sehr seltenes Mineral, entspricht den vorigen, enthält aber Ba statt Ca.

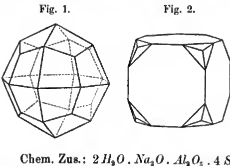
Der Thomsonit, dessen kurze rhombische Krystalle von den böhmischen Fundorten besser unter dem Brewster'schen Namen Comptonit bekannt sind, bildet oft kugelförmige, garben- oder büschelförmige Gruppen. An den Comptonitkrystallen beobachtet man ein äusserst flaches Längsprisma, einem Paar Vicinalflächen oder einer gekrümmten Endfläche 001 ähnlich. Die chem. Zus. entspricht ungefähr dem Typus 2 ($CaO . Al_2O_3 . 2 SiO_2$) . 5 H_2O mit der entsprechenden Natronverbindung. Seeberg bei Kaaden, Gegend von Aussig, Waltsch, Hanenstein in Böhmen, im veränderten Basalt, auch Phonolith. An der Seisseralpe in Melaphyr, am Vesuv in alten Laven Der eigentliche Thomsonit bei Dumbarton in Schottland, auf den Faröern, bei Eisenach.

Der Faröelith (Mesole) ist mit dem Th. verwandt. Descloizeaux stellt auch den Chalilith dahin.

Der Gismondin, welcher kleine, scheinbar tetragonale, jedoch optisch zweiaxige Krystalle bildet, steht dem vorigen nahe, ist jedoch reicher an Wasser. Vesuv, Capo di Bove, Giessen etc.

Analcim, *Hauy.*

Von den häufigeren Zeolithen der einzige tesserale. Das Ikositetraëder (211), für sich oder mit dem Würfel combinirt, bildet die Form der Krystalle, die gewöhnlich nicht gross, im Fassathal an der Seisseralpe aber zuweilen von Faustgrösse sind. Sie sitzen einzeln oder in Drusen, sind farblos, weiss, grau, auch roth, besitzen keine deutl. Spaltb. H. = 5·5. Im polarisirten Lichte zeigen sie häufig Doppelbrechung, welche jedoch nach Klein bei der Erwärmung in Wasserdampf verschwindet (Jahrb. Min. 1884. I.) G. = 2·1 bis 2·28.


Fig. 1. Fig. 2.

Chem. Zus.: $2 H_2O . Na_2O . Al_2O_3 . 4 SiO_2$, entsprechend 54·5 Kieselsäure, 23·3 Thonerde, 14·0 Natron, 8·2 Wasser. Nach Damour's Versuchen ist das Wasser innig gebunden. Es entweicht erst allmälig bei Temperaturen über 200° C. V. d. L schmilzt er ruhig zu klarem Glase. Durch Säure wird er vollkommen zersetzt, die Kieselsäure scheidet sich als schleimiges Pulver ab.

Schulten gelang es, durch Einschliessen von Wasser mit kieselsaurem Natron und einem thonerdehaltigen Glase und längeres Erhitzen Krystalle von den Eigenschaften und der Zus des Analcims zu erhalten. Dieselben waren einmal doppeltbrechend, ein anderesmal einfach brechend, wodurch bestätigt war, dass die Doppelbrechung blos eine zufällige Erscheinung sei. Die Bildung des A. aus Leucit und die Nachahmung dieses Vorganges durch Lemberg wurde schon früher, pag. 299, angeführt.

Digitized by Google

Der A. ist in veränderten basaltischen Felsarten, wo er mit anderen Zeolithen, wie Natrolith, Chabasit als Auskleidung von Hohlräumen auftritt, häufig. Wasserhelle farblose Krystalle sitzen in dem Tuff der Cyclopeninseln bei Catania, fast vollkommen durchsichtig im Basalt bei Montocchio maggiore nächst Vicenza. Die grossen Krystalle der Seisseralpe und im Fassathale finden sich im Melaphyr, ebenso jene bei Tekerő in Siebenbürgen nnd am Oberen See. Die Basalte nnd Dolerite bei Dumbarton in Schottland, am Riesendamm in Irland, der Insel Staffa, dem westlichen Island, bei Schreckenstein in Böhmen sind oft mandelsteinartig nnd enthalten Drusen von Analcim. Bei Aussig in Böhmen findet man solche auch im veränderten Phonolith. Im Diabas und Diorit wird der A. öfters angetroffen, im südlichen Norwegen auch im Syenit. Ungewöhnlich ist das Vorkommen anf Erzgängen, wie bei Andreasberg am Harz, Nen-Moldawa im Banat, oder auf Magnetitlagerstätten, wie bei Arendal in Norwegen oder am Blagodat im Ural (der Cuboit Breithaupt's).

Haidinger hat zuerst erkannt, dass der A. bisweilen eine chemische Veränderung erfährt, bei welcher derselbe zu Prehnit nmgewandelt wird; auch die Umwandlung in Orthoklas wurde beobachtet. Denkt man sich den Analcim aus Lencit oder einem verwandten Silicat entstanden, so ist der letztere Vorgang eine merkwürdige Rückbildung zu wasserfreiem Silicat. Auch als Gesteinsgemengtheil findet sich der A. in dem Teschenit, z. B. bei Neutitschein in Mähren, ferner als Eudnophit im Syenit bei Brevig.

Der Cluthalit scheint nur ein veränderter Analcim, der Name Pikranalcim blos in Folge einer unrichtigen Analyse gebildet zu sein.

Laumontit, *Hauy.*

Ein Zeolith, welcher an trockener Luft verstäubt. Die Krystalle sind monoklin, säulenförmig. Sie tragen meist nur die Flächen des Prisma (110), welches vorn die scharfe Kante hat $(110) = 93°44'$ und $p = (101)$. Winkel $101 : 110 = 66°30'$. Spaltb. nach (110) vollk. H. = 3 . . 3·5. G. = 2·25 bis 2·35.

Chem. Zus.: $2 H_2O . CaO . Al_2O_3 . 4 SiO_2 + 2 H_2O$, entsprechend 50 Kieselsäure, 21·8 Thonerde, 11·9 Kalk, 8·1 basisches, 8·1 Krystallwasser. Das letztere entweicht beim Verstäuben bis fast zur Hälfte, worauf das Mineral trübe und locker ist. Oft wird es schon in diesem Zustande gefunden (Leonhardit, Caporcianit). Das übrige Krystallwasser entweicht nach Smita erst bei Temperaturen bis zu 300° C., das Constitntionswasser erst beim Glühen. V. d. L. bläht sich der L. und schmilzt zn weissem Email, das bei starkem Feuer klar wird. Dnrch Säure wird er unter Bildung von Kieselgallerte zersetzt.

Der L. findet sich meist in älteren Silicatgesteinen auf Klüften, oft mit Calcit, Quarz, Orthoklas, Epidot. Dumbarton in Schottland, Eule bei Prag, Sarnthal bei Botzen, Gotthard. Auf bleiglanzführenden Erzgängen wnrde er bei Hnelgoat in der Bretagne, mit Kupfer im Melaphyr am Lake snperior gefunden. Leonhardite wurden von Schemnitz, aus dem Floitenthal in Tirol, Caporcianit von Caporciano bei Monte Catini in Toscana gebracht.

Digitized by Google

Chabasit, *Werner.*

Der Anführer einer Reihe mit anscheinend rhomboëdrischer Form. Die Krystalle bilden scheinbare Rhomboëder von 85° bis 85°36′, ferner auch Combinationen, welche diesem entsprechen, doch sind dieselben den Beobachtungen Becke's zufolge mimetisch, die einzelnen Individuen triklin. Sechs derselben fügen sich mit ihren Prismenflächen (110) nnd (011) an einander, indem sie die Flächen (001) oder (100) nach aussen kehren. Vergl. pag. 91. Deutliche Zwillinge, wie in Fig. 2, kommen auch öfters vor. H. = 4 . . 4·5. Die Krystalle sind farblos oder weiss, auch zufällig röthlich oder braun gefärbt. Das optische Verhalten, welches die Zusammensetzung aus 6 Theilen erkennen lässt, wurde von Streng beobachtet, von Becke die Orientirung der einzelnen Individuen bestimmt. G. = 2·07 bis 2·15.

Die chem. Zus. ist schwankend, nach Streng einer Mischung zweier Verbindnngen entsprechend. Die erstere ist kieselreicher: $CaO \,.\, Al_2O_3 \,.\, 6\,SiO_2 \,.\, 8\,H_2O$, die zweite $CaO \,.\, Al_2O_3 \,.\, 2\,SiO_2 \;\; 4\,H_2O$, jedoch immer mit einem geringen Kaligehalte. V. d L. schwillt er und schmilzt zu blasigem Email. Durch Säure wird er unter Abscheidung schleimigen Kieselpulvers zersetzt.

Der Ch. ist oft in Gesellschaft anderer Zeolithe, wie Desmin, Stilbit, Harmotom, ferner anch mit Calcit oder Aragonit anzutreffen. Wie die vorige Gattung, findet auch der Ch. sich häufig in den Mandelsteinen der Basalte, Dolerite, Melaphyre und anch in verändertem Phonolith. So bei Oberstein, am Stempel bei Marburg, im Vogelsgebirge, Fassathale, bei Tekerö, Aussig, bei Kilpatrik in Schottland, auf den Faröern, in Grönland. Seltener kommt er in Drusenräumen in Granit vor, wie bei Striegau in Schlesien, Baveno am Lago maggiore, oder auf Erzgängen, wie bei Andreasberg am Harz, Gustafsberg in Schweden, als junge Bildung in fossilen Muscheln bei Husavik in Island und als Absatz der Thermalquellen von Plombières in Frankreich.

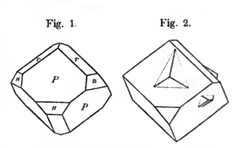


Fig. 1. Fig. 2.

Der Haydenit wird zum Ch. gerechnet. An den Chabasit schliessen sich einige Minerale: der Phakolith, Herschelit, Seebachit, Gmelinit und Levyn, deren anscheinend rhomboëdrische Krystalle nach Becke gleichfalls mimetisch sind. Die einzelnen Individnen gehören dem monoklinen Systeme an. In chemischer Hinsicht entsprechen sie der Mischungsregel, welche Streng für den Chabasit aufstellte, doch kommt noch das natriumhaltige Glied $Na_2O \,.\, Al_2O_3 \,.\, 2\,SiO \,.\, 4\,H_2O$ hinzu. Ueber Chabasit und die verwandten Z.: Streng: 16. Ber. d. oberrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde, 1877, pag. 74; Becke, in Tschermak's Min. und petr. Mitth. II. 185. (1879.)

Zeagonit, Glottalith scheinen hierher zu gehören.

Der tesserale Faujasit steht in seiner Mischung den vorigen nahe, doch ist er reicher an Wasser.

Digitized by Google

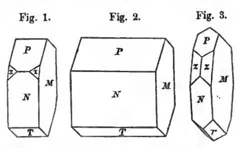
Stilbit, *Hauy*.

Anscheinend monokline Krystalle, an welchen $M = (010)$, $T = (001)$, $N = (100)$, $P = (\bar{1}01)$ gewöhnlich sind, aber auch $z = (\bar{2}21)$ und $r = (021)$ öfters vorkommen $T : N = 63^\circ 40'$, $N : P = 50^\circ 20'$ $z : z = 43^\circ 56'$. Die Form ist aber eine mimetische, da v. Rath und Hessenberg eine Zusammensetzung aus vielen triklinen Individuen erkannten, welche wie beim Plagioklas nach M zwillingsartig verbunden sind.

Die sehr vollk. Spaltb. nach $M = (010)$, durch welche oft ein Perlmutterglanz hervorgerufen wird, ist sehr auffallend. H. = 3·5 .. 4. Optisch positiv, die A. E. fast parallel T, die 1. Mittellinie fast parallel der a-Axe. G. = 2·1 bis 2·2.

Chem. Zus.: $2\,H_2O\,.\,CaO\,.\,Al_2O_3\,.\,6\,SiO_2 + 3\,H_2O$, entsprechend 59 Kieselerde, 16·8 Thonerde, 9·4 Kalk, 14·8 Wasser, jedoch immer mit etwas Natron. Das durch Erwärmung ausgetriebene Krystallwasser kehrt in feuchter Luft wieder zurück (pag. 246). V. d. L. bläht er sich und schmilzt zu weissem Email. Durch Säure wird er unter Abscheidung von schleimigem Pulver zersetzt.

Der S. ist gewöhnlich farblos oder weiss bis graulich, wie er in Blasenräumen der Basalte und Melaphyre auf Island, den Faröern, in Schottland, oder wie er im Granit bei Viesch im Wallis, zuweilen auch auf Erzgängen, z. B. bei Andreasberg am Harz, Kongsberg in Norwegen vorkommt. Der ziegelrothe S. oder Heulandit, dessen Farbe nach Kenngott von Göthitschüppchen herrührt, ist aus dem Fassathal, von Vacza in Siebenbürgen, Campsie in Schottland u. a. O. bekannt.



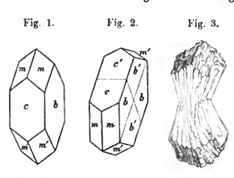
Der Beaumontit und der Orizit gehören, wie es scheint, zum Stilbit. Der monokline Epistilbit, ein seltenes Mineral, stimmt in der chem. Zus. mit dem Stilbit vollk. überein. Der Parastilbit ist ärmer an Wasser. Ueber Stilbit und Epistilbit: Trechmann Jahrb. f. Min. 1882, II, 276.

Desmin, *Breithaupt*.

Die Neigung, bündelförmige und garbenförmige Gruppen zu bilden, veranlasste Breithaupt zur Aufstellung dieses Namens. In Frankreich und England hat man leider statt desselben die Bezeichnung Stilbit behalten, was zur Verwirrung Anlass gibt. Die Krystallform erscheint rhombisch, doch sind die Individuen nach Breithaupt und Lasaulx monoklin, $m = (110)$, $b = (010)$, $c = (001)$. Man kennt aber nur Zwillingsbildungen, die gewöhnliche Form in Fig. 1 ist als Durchwachsungszwilling nach dem Gesetze: die Zwillingsebene 001, aufzufassen. S. Fig. 2. $(110) = 61^\circ 20'$, $mc = 57^\circ 4'$, $\beta = 50^\circ 49'$.

Spaltb. nach $b = (010)$ vollk., nach $c = (001)$ unvollk. Der Perlmutterglanz auf b ist oft eigenthümlich fettartig. Die Krystalle sind gewöhnlich farblos oder weiss. A. E. parallel b. Die 1. Mittellinie weicht etwa 5° von der a-Axe ab. G. = 2·1 bis 2·2.

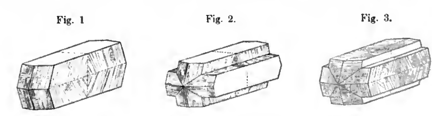
Chem. Zus.: $2H_2O.CaO.Al_2O_3.6SiO_2 + 4H_2O$ mit 57·5 Kieselerde, 16·4 Thonerde, 8·9 Kalk, 17·2 Wasser, doch immer auch mit etwas Natron. Von der Zus. des Stilbits also wenig verschieden. Fresenius nimmt eine Mischung von vier Silicaten an, wovon das eine $CaO.Al_2O_3.6SiO_2.6H_2O$, das andere $CaO.Al_2O_3.2SiO_2.6H_2O$, die übrigen jene mit entsprechendem Natrongehalt. V. d. L. bläht er sich auf und schmilzt etwas schwierig zu einem blasigen Glase. Durch Säure wird er unter Abscheidung eines schleimigen Pulvers zersetzt.



Der D. ist nicht nur ein ziemlich verbreiteter, sondern auch oft reichlich auftretender Zeolith, welcher an manchen Orten starke weisse Krusten und Füllungen, auch stalaktitische Massen bildet. In den basaltischen Felsarten hat man oft schöne Drusen, wie auf den Faröern, auf Staffa, bei Kilpatrik in Schottland, am Berufjord in Island. Interessant ist das Vorkommen an dem isländischen Eskifiord bei Helgastad, wo der Zeolith den Doppelspath überkrustet In Melaphyrmandelstein findet er sich bei Tekerö und Almas in Siebenbürgen, in den Achatmandeln von Theiss bei Klausen an der Seisseralpe in Tirol (Puflerit), im Granit von Baveno und Bodenmais, auf Klüften in krystallinischen Schiefern am Gotthard, bei Göschenen in Uri, auf Klüften im Banat, auf Erzgängen bei Andreasberg und Kongsberg, auf der Eisenerzlagerstätte von Arendal. Als Neubildung wurde D. im Absatz der Therme bei Olette in den Pyrenäen beobachtet.

Phillipsit, *Levy* (Kalkharmotom, Christianit).

Durch die Zwillingsbildungen merkwürdig. Die Grundform zeigt Aehnlichkeit mit derjenigen, welche beim Desmin erkannt wurde $(110) = 60°42'$. $mc = 60°51'$, $\beta = 55°37'$. Nach Groth sind die Individuen monoklin und bilden

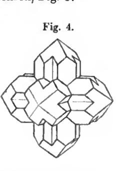


wie beim Desmin Durchkreuzungszwillinge von rhombischem Aussehen wie in Fig. 1. Diese findet man jedoch immer nach einem zweiten Gesetze, nach welchem 011 die Zwillingsebene ist, zu Vierlingen verbunden wie in Fig. 2 und 3. Dieselben sind den Adularvierlingen analog, welche pag. 460 in Fig. 8 dargestellt wurden. Nach Streng gibt es jedoch zweierlei Arten, indem die einen die c-

Flächen auswärts wenden, welche in den beistehenden Figuren ohne Schraffirung erscheinen, die anderen aber die *b*-Flächen nach aussen kehren, Fig. 3.

Zuweilen finden sich auch Zwillingsbildungen von noch höherem Grade, indem die Vierlinge sich mit 110 als Zwillingsebene verbinden und Gestalten hervorrufen, in denen sich drei Vierlinge durchkreuzen, Fig 4. Diese zierlichen Gebilde vom Stempel bei Marburg bieten 9 Zwillings-, resp. Symmetrieebenen dar, wonach die Umrisse einer tesseralen Form entsprechen. In der That finden sich auch solche der Fig. 4 entsprechende Verwachsungen, an welchen die äusseren Flächen allein herrschen und keine einspringenden Winkel vorkommen. Diese ahmen vollständig ein Rhombendodekaëder nach.

Fig. 4.



Trippke und Fresenius zeigten, dass das optische Verhalten der angeführten Deutung entspricht. A. E. senkrecht zur Fläche *b*, von der *c*-Fläche aber 10° bis 22° abweichend. H. = 4·5. G. = 2·2.

Die chem. Zus. entspricht nach Fresenius der Mischung zweier Silicate, die beim Desmin angeführt wurden. Im Phillipsit tritt das zweite in grösserer Menge auf. V. d. L. bläht sich der P. auf und schmilzt schwierig zu einem blasigen Glase. Durch Salzsäure wird er unter Hinterlassung eines schleimigen Kieselpulvers zersetzt.

Der P. findet sich in Hohlräumen von Basalten und ähnlichen vulkanischen Felsarten, z. B. am Stempel bei Marburg, nächst Annerode bei Giessen, Sasbach am Kaiserstuhl, Hauenstein in Böhmen, Aci Castello auf Sicilien, Capo di Bove bei Rom, Vesuv etc.

Harmotom, *Hauy* (Kreuzstein, Barytharmotom).

Als baryumhaltiger Zeolith merkwürdig. In krystallographischer Beziehung dem Phillipsit vollkommen gleich. Die Grundformen sind nur wenig verschieden. (110) = 59° 59′, *mc* = 60° 21′, β = 55° 10′. Die Zwillinge, wie Fig. 1 bei Phillipsit, kommen bisweilen vor, sie wurden als Morvenit bezeichnet. Gewöhnlich finden sich aber die Vierlinge in Fig. 2 und 3. Die letzteren sind die häufigeren. Descloizeaux zeigte, dass das optische Verhalten dieselbe Deutung der Zwillinge fordert, welche beim Phillipsit angegeben wurde. Die optische Orientirung ist dieselbe wie bei diesem, die A. E. bildet mit der *c*-Fläche 25° bis 28°. H. = 4·5. G. = 2·44 bis 2·5.

Die chem. Zus. entspricht der des Phillipsits, jedoch ist statt Calcium hier Baryum vorhanden. V. d. L. schmilzt der H. ohne Aufblähen schwierig zu einem durchscheinenden weissen Glase. Durch Salzsäure wird er unter Hinterlassung von Kieselpulver zersetzt.

Der H. findet sich in Hohlräumen der Mandelsteine bei Oberstein, Dumbarton, Příbram, im Phonolith bei Aussig auf Erzgängen mit Blende, Bleiglanz, Quarz, Baryt bei Andreasberg am Harz, Kongsberg in Norwegen, Strontian in Schottland und a. a. O.

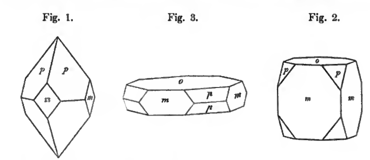
Digitized by Google

Verwandt ist der monokline Brewsterit, welcher aber auch Sr und Ca enthält. Der desminähnliche Foresit gehört vielleicht in die Nähe des Margarits. (Ueber Desmin, Phillipsit, Harmotom: Fresenius in d. Zeitschr. f. Kryst. III., pag. 42.)

An die Zeolithe schliessen sich noch einige thonerdefreie Minerale, die zugleich den Uebergang zur nächsten Gruppe bilden.

Apophyllit, *Hauy* (Ichthyophthalm).

Die auffallende Spaltb. nach einer Richtung, welche oft ein Abblättern und einen Perlmutterglanz hervorruft, hat Hauy in dem Namen angedeutet. Prächtige wasserhelle Krystalle mit pyramidaler Endigung, besonders schön von Andreasberg, langsäulenförmige und tafelförmige, je nach dem Vorkommen. (111) = 59°, 111 : 1$\bar{1}$1 = 76°. Die Form ist anscheinend tetragonal, jedoch erweisen sich nach Rumpf die dünnen Tafeln als Zwillinge, die grossen Krystalle aus vielen monoklinen Individuen zusammengesetzt, indem die letzteren mit Prismenflächen



und parallel *o* verwachsen. Spaltb. parallel *o* sehr vollk., nach *m* unvollk. H. = 4·5 . . 5.

Ausser den farblosen und weissen Krystallen (Albin) gibt es auch gelbliche, rosenrothe bis braune. Die Erscheinungen im polarisirten Lichte, welche die Zusammensetzung der Krystalle aus mehreren Theilen erkennen lassen, haben schon Herschel, Biot und Brewster beschäftigt. Die Doppelbrechung ist schwach. Dicke Lamellen geben nur selten ein geschlossenes Kreuz, aber auch dann mit abnormen Farben. Der Charakter ist gewöhnlich positiv, öfters aber negativ. G. = 2·3 bis 2·4.

Die chem. Zus. entspricht ungefähr der Formel $CaO . SiO_2 . 2 H_2O$, wofern man einen kleinen Theil des Wasserstoffs durch K vertreten denkt. Viele A. enthalten auch ein wenig Fluor. V. d. L. schmelzen alle leicht zu einem durchscheinenden Glase. Durch Säure werden sie unter Abscheidung flockiger Kieselsäure zerlegt. Ueber die Auflöslichkeit in Wasser bei hohem Drucke pag. 286.

Schöne Drusen kommen aus den Hohlräumen vulkanischer Gesteine, z. B. von Island, den Faröern, von der Seisseralpe, von Poonah in Ostindien. Kleine weisse Krystalle sitzen im veränderten Phonolith bei Aussig, dunkelbraun gefärbte wurden im fossilen Holze des Basalttuffes von Montecchio maggiore bei Vicenza und auf Island gefunden (Xylochlor Waltershausen's). Auf Gängen finden sich die farblosen und rosenrothen Apophyllite bei Andreasberg, auf

Klüften im Kalkstein die kleinen durchsichtigen von Orawicza und Cziklowa im Banat. Als eine durch Thermalquellen hervorgerufene Bildung wurde der A. von Daubrée bei Plombières in den Vogesen beobachtet.

Der Apophyllit unterliegt nach Knop nicht selten einer Zersetzung, bei welcher $CaCO_3$ gebildet wird. Der Albin zeigt schon das Aufbrausen mit Säure. Bisweilen erscheint der A. durch Quarz verdrängt. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, dass zuerst die Carbonatbildung eintrat, hierauf Kieselsäure durch $CaCO_3$ gefällt wurde.

Der Okenit steht dem A. sehr nahe, ebenso der Gurolith oder Gyrolith. Aehnlich wie die Zeolithe verhält sich auch ein Borosilicat, der

Datolith, welcher oft formenreiche, kurze, monokline Krystalle bildet. Er ist farblos, weiss, grünlich, röthlich, glasglänzend, im Bruche fettglänzend, ohne deutliche Spalth. H. = 5 .. 5·5 G. = 2·9 bis 3. — Chem. Zus. $HCaBSiO_5$. V. d. L. zu durchsichtigem Glase schmelzbar, durch Säure unter Gallertbildung zersetzbar. Toggiana in Modena, Theiss in Tirol, Andreasberg, Arendal, Bergenhill, Superiorsee u. s. w.

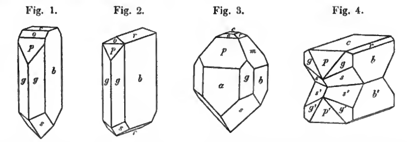
Galmeigruppe.

Wasserhaltige Silicate von Schwermetallen der 1. bis 4. Reihe. H. = 2 bis 5·5. Meist hellfarbig, auch farblos. G. = 3 bis 5. Im Kolben geben sie Wasser, v. d. L. sind sie unschmelzbar, durch Säure werden sie unter Gallertbildung zersetzt.

Kieselzinkerz (Galmei, Calamin, Hemimorphit).

Kieselgalmei, zum Unterschied von dem technisch wichtigeren Zinkspath oder Kohlengalmei.

Die Hemimorphie der Krystalle hat Mohs zuerst beschrieben, die pyroelektrischen Eigenschaften Hauy. Die Form ist rhombisch. Häufige Flächen



sind $a = (100)$, $g = (110)$, $b = (010)$, $o = (101)$, $p = (301)$, $r = (011)$, $m = (031)$, $s = (12\bar{1})$. Die Krystalle sind mit jenem Ende aufgewachsen, welches die beistehenden Figuren unten zeigen. $gg = 110 : 1\bar{1}0 = 76° 10'$, $rr = 011 : 0\bar{1}1 = 51° 5'$, $oo = 101 : \bar{1}01 = 62° 46'$. Interessant sind die zuweilen vorkommenden Ergänzungszwillinge nach 001 wie in Fig. 4. (Ueber die Formen: G. Rose in Pogg. Ann., Bd. 59. Schrauf in d. Sitzber. Ak. Wien, Bd. 38, pag. 789.) Die Aetzfiguren wurden pag. 140 besprochen.

Spalth. nach g vollk., nach o ziemlich vollk. H. = 5. Farblose wasserhelle Krystalle kommen öfters vor, gewöhnlicher sind durchscheinende. Das Mineral

Digitized by Google

ist aber auch öfters gefärbt, gewöhnlich in hellen Farben: grau, gelb, grün, blau, braun. Der Glanz ist schon etwas diamantartig, auf *b* zuweilen perlmutterartig. Doppelbrechung positiv, die A. E. parallel 100, die erste Mittellinie parallel der *c*-Axe. Bei der Erwärmung wird das obere Ende der Krystalle positiv elektrisch. G. = 3·35 bis 3·5.

Chem. Zus.: $H_2Zn_2SiO_5$ oder $(HOZn)_2SiO_3$, also basisches Zinksilicat, entsprechend 25 Kieselerde, 67·5 Zinkoxyd, 7·5 Wasser. V. d. L. zerknistert das K. ein wenig und schmilzt kaum an den Kanten. Mit Soda geschmolzen gibt es auf Kohle einen geringen Beschlag.

Das K. findet sich krystallisirt auf manchen Gängen, ferner in Hohlräumen des Zinkspathes und des benachbarten Kalksteins. In traubigen und nierförmigen Aggregaten von radialfaseriger Textur ist es auch als Krustenbildung nicht selten, ebenso in löcherigen Ueberbleibseln, auch in körnigen Füllungen.

Die secundäre Bildungsweise wird bisweilen durch die Ansiedlung in zerstörter Blende deutlich. Als ein schwerlösliches Silicat verdrängt es nicht selten andere Minerale. Wichtige Fundorte sind Raibl und Bleiberg in Kärnten, Altenberg bei Aachen, Iserlohn in Westphalen, Tarnowitz, Olkucz, Rezbanya, Matlock, Nertschinsk, Phönixville in Pennsylvanien etc. Die Pseudomorphosen nach Kalkspath wurden bei Goslar, Iserlohn u. a. O., jene nach Bleiglanz bei Freiberg, nach Pyromorphit bei Caldbeck Fell in Cumberland gefunden, wo auch stalaktitische Massen von himmelblauer Farbe vorkommen.

Das K. erfährt bisweilen die Umwandlung in Willemit oder die Verdrängung durch Malachit oder Quarz.

Der Dioptas von smaragdgrüner Farbe, dessen merkwürdige Krystallform schon pag. 68 dargestellt wurde, ist H_2CuSiO_4 oder $(HOCu)HSiO_3$. Er findet sich selten, z. B am Altyn-Tübe in Sibirien, in Chile, bei Clifton in Arizona.

Das Kupfergrün (Kieselkupfer, Chrysokoll, Kieselmalachit) ist spangrün, im Bruche feinsplitterig. Es bildet öfters traubige Ueberzüge, zuweilen auch Pseudomorphosen nach Azurit, Kalkspath etc. und kommt oft mit Malachit vor. Chem. Zus.: $CuSiO_3 . 2H_2O$. Schneeberg, Kupferberg, Rezbanya, Moldawa. Verwandt ist das Kupferblau, der Demidoffit, Asperolith.

Der Cerit (Cerinstein), ein gewöhnlich feinkörniges braunes Mineral, welches noch nicht classificirt werden kann, ist ein wasserhaltiges Silicat von Cer-, Lanthan- und Didymoxyden. Riddarhytta in Schweden.

Nontronitgruppe.

Wasserhaltige Silicate der Schwermetalle aus der 6. bis 8. Reihe. Viele sind nur dicht bekannt. Alle sind farbig. Durch Säure werden sie unter Gallertbildung oder Abscheidung von Kieselpulver zersetzt.

Der Wolkonskoit bildet nierförmige Ueberzüge oder erscheint derb. Grasgrün bis schwarzgrün. Wesentlich ein wasserhaltiges Chromsilicat. Im Sandstein im Ochansker Kreise des Gouvernements Perm.

Uranophan nannte Websky ein krystallinisches wasserhaltiges Kalk-Uransilicat von honiggelber, zeisiggrüner bis schwärzlichgrüner Farbe. Kupferberg in Schlesien. Verwandt ist der Uranotil von Wölsendorf und Joachimsthal.

Der hexagonale Pyrosmalith von lederbrauner bis olivengrüner Farbe und vollk. basischer Spaltb. hat eine ungewöhnliche Zusammensetzung. Nach Ludwig's Analysen

kommt demselben die Formel $Mn_5Fe_5H_{14}Si_8O_{33}Cl_2$ zu. Nordmarken bei Philipstad in Schweden. Der rhomboëdrische Friedelit enthält blos die entsprechende Manganverbindung. Adervielle in den Pyrenäen.

Der Klipsteinit, dicht, braun, zuweilen etwas metallisch schimmernd, ist ein wasserhaltiges Silicat von Manganoxyd und -Oxydul. Herborn in Nassau. Verwandt scheinen der Stratopeit, Nantokit und der schwarze Mangankiesel Leonhard's.

Der Chlorophäit, derb, gewöhnlich als Ausfüllung von Blasenräumen in Mandelsteinen, ist pistazgrün, olivengrün, wird an der Luft braun oder schwarz. Ist wesentlich wasserhaltiges Eisenoxydulsilicat. Schottland, Hebriden, Faröer.

Chamoisit wurde ein fein oolithisches, grünlich schwarzes Mineral genannt, welches bei Chamoison im Canton Wallis zwei grosse Linsen im schiefrigen Kalkstein bildet und als Eisenerz benutzt wird. Es enthält 60 Percent Eisenoxydul, 17 Wasser und blos 14 Percent Kieselsäure.

Der Hisingerit, nierförmig und eingesprengt, pechschwarz, enthält Kiesel, beide Oxyde des Eisens und Wasser. Langban, Riddarhytta. Dazu gehören: Thraulith, Degeröit, Gillingit, Melanolith Aehnlich ist auch der Lillit von Přibram.

Der Nontronit ist strohgelb bis zeisiggrün, weich, fettig anzufühlen, bildet öfters Nieren, enthält ungefähr 36 Eisenoxyd, 43 Kieselerde, 21 Wasser. Nontron im Departement Dordogne, Tirschenreuth in Baiern, Mugrau in Böhmen. Aehnlich ist der Unghvarit oder Chloropal, der Pinguit und der Graminit.

Der Röttisit von smaragdgrüner oder apfelgrüner Farbe erscheint dicht, der Komarit von gelbgrüner Farbe, körnig, nach einer Richtung spaltbar. Beide sind wasserhaltiges Nickelsilicat. Röttis bei Reichenbach in Sachsen.

Serpentingruppe.

Wasserhaltige Magnesiasilicate. Fast gar niemals krystallisirt, gewöhnlich dicht oder amorph, seltener blätterig oder faserig. V. d. L. meist nur schwierig schmelzbar, hart werdend. Mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht, erhalten sie eine blassrothe Färbung.

Serpentin.

Bei Dioscorides, Vitruv, Plinius unter dem Namen Ophites (von ὄφις, Schlange); im 16. Jahrh. latinisirt Serpentaria bei Agricola. Der S. bildet niemals Krystalle, immer nur dichte Massen, Adern, Einsprenglinge von muscheligem oder splitterigem Bruche, seltener feinfaserige Adern. Im polarisirten Lichte bemerkt man aber, dass auch das dichte Mineral aus höchst feinen Blättchen und Fasern besteht. H. = 3 . . 4, nur wenig spröde. Man darf sich durch die grössere Härte mancher Stücke nicht täuschen lassen, da häufig Gemenge vorkommen, die noch Olivin enthalten, oder durch Opal imprägnirt sind. G. = 2·5 bis 2·7.

Die chem. Zus. entspricht einer Mischung zweier Silicate:

$2\,H_2O\,.\,3\,MgO\,.\,2\,SiO_2$ mit 43·5 Kiesels. 43·5 Magnesia, 13 Wasser

$2\,H_2O\,.\,3\,FeO\,.\,2\,SiO_2$ „ 32·2 „ 58·1 Eisenoxydul 9·7 „

Doch steigt der Gehalt an Eisenoxydul gewöhnlich nicht über 12 Percent. V. d. L. brennt er sich weiss oder licht und schmilzt kaum an den schärfsten Kanten. Durch Salzsäure wird er allmälig, durch Schwefelsäure rascher zersetzt.

Der Serpentin findet sich zumeist im Bereiche der krystallinischen Schiefer, im Uebrigen aber stets dort, wo der Olivin vorzukommen pflegt. Er zeigt sich

Digitized by Google

oft in Pseudomorphosen, die aus magnesiareichen Silicaten entstanden sind. Genauer bekannt sind jene nach Olivin, Chondrodit, Monticellit, ferner nach Granat, Angit, Hornblende. Ausserdem wurden Verdrängungs-Pseudomorphosen nach Dolomit, Kalkspath u. a. M. beobachtet. Von grösstem Erfolge waren die Untersuchungen der Pseudomorphosen nach Olivin. Früher wurden dieselben für echte Krystalle gehalten, doch die Nachweisung der Olivinform durch Quenstedt, Haidinger, und die Wahrnehmung der dichten Textur durch G. Rose, Websky stellten die indirecte Bildung ausser Zweifel. Bei Snarum in Norwegen fand man übrigens Exemplare mit einem Kern von unverändertem Olivin.

Den Beginn der Umwandlnng stellen wohl jene kleinen Krystalle von Traversella dar, welche Villarsit genannt wurden. Sie haben die chem. Zus. eines wasserhaltigen Olivins und zeigen die optische Orientirung verändert, in derselben Weise, wie der theilweise umgewandelte Bronzit (vergl. Protobastit und Bastit). Die Fortsetzung der Umwandlung erfolgt meistens dadnrch, dass der nengebildete Serpentin ein grösseres Volum besitzt, als das ursprüngliche Mineral, dieses also fortwährend zersprengt wird, und die eindringenden Wässer immer neue Wege finden. Die Veränderung schreitet demgemäss netzartig vor und das Product erscheint maschig, pag. 122.

Man hat eine grössere Anzahl von Arten unterschieden, welche in folgende Abtheilungen gebracht werden:

Edler Serpentin heissen die hellgefärbten oder reiner gefärbten dichten durchscheinenden Arten mit etwas glänzendem muscheligem Bruche. Die Farben sind strohgelb, schwefelgelb, zeisiggrün, spargelgrün, lauchgrün. Man sieht edlen S. öfters im körnigen Kalkstein eingeschlossen, wo er meist vom Olivin, seltener vom Chondrodit abznleiten ist, welche beide in solchem Kalkstein vorkommen. Hierher gehören auch die gelben Olivinpseudomorphosen von Snarum, Antwerp in New-York, Katharinenburg im Ural, ebenso die Pseudomorphosen nach Augit und Hornblende von Easton in Pennsylvania, nach Monticellit vom Monzoni etc.

Der Williamsit und Bowenit sind apfelgrüne Serpentine, der Retinalith ist honiggelb. Pikrolith hat man striemige Adern nnd Ueberzüge von heller Farbe genannt. Optisch interessant ist der schwärzlichgrüne dünnschiefrige Antigorit, welcher in dünnen Platten schön lauchgrün erscheint und sich wie ein optisch zweiaxiger Krystall verhält, wohl in Folge der parallelen Anordnung feiner Fasern. Auch der blätterige Marmolith, von lichter Farbe, ist schwach doppelbrechend.

Gemeiner Serpentin wird das unreine Mineral und das Auftreten als Felsart genannt. Die Farben sind meistens düster: dunkelgrün bis schwarzgrün, oft gefleckt, geadert. Die Aehnlichkeit der Zeichnung mit jener einer Schlangenhaut wird gewöhnlich als Anlass für die Bezeichnung betrachtet. Der Bruch ist splitterig, matt. Das Gestein bildet zumeist Lager zwischen Gneiss, Granulit, körnigem Kalkstein, Amphibolit etc. oder ist mit Gabbro verbnnden. Oft bildet es Kuppen, welche in die auflagernden jüngeren Schichten hineinragen. Unförmliche Serpentinstöcke werden auch öfters angegeben, auch Gänge. Der gemeine Serpentin zeigt meistens jene Maschentextur, welche auf die Entstehung aus Olivinfels hinweist, und harte Serpentine sind oft noch voll von Olivin-

körnchen, welche in den Maschen stecken. Sandberger und der Autor haben die Umbildung genauer verfolgt. Die Umstände derselben ergeben sich daraus, dass vor allem durch die gewöhnlichen Wässer ein Theil der Magnesia fortgeführt wird. $2(2MgO . SiO_2) + CO_2 + 2H_2O = 3MgO . 2SiO_2 . 2H_2O + MgOCO_2$. Daraus ist erklärlich, dass der Serpentin häufig von Magnesit begleitet wird. Das Eisensilicat des Olivins erfährt zum Theil analoge Veränderung und gibt das Eisensilicat des Serpentins, doch wird es bei der Einwirkung des Sauerstoffs der Tagewässer auch total zersetzt und liefert einerseits Magnetit, während andererseits freie Kieselsäure abgeschieden wird. Dadurch erklärt man sich den beständigen Absatz von Magnetit bei der Umwandlung, wodurch die dunkle, netzartige Zeichnung hervorgerufen wird und ausserdem das häufige Vorkommen von Opal, Halbopal, Chalcedon in der Umgebung des Serpentins. Der Nickelgehalt, welcher in manchem S. nachgewiesen wurde, stimmt mit der Thatsache, dass viele Olivine Nickel enthalten.

Im dichten Serpentin sieht man bisweilen metallartig schillernde Körner von ausgezeichneter schaliger Zusammensetzung und grüner bis brauner Farbe: Bastit (Schillerspath). Es sind Pseudomorphosen nach Bronzit (pag. 444). Manche haben undeutliche Krystallumrisse, die von Harzburg sind von Serpentinkörnern durchsetzt. Die chem. Zus. ist aber eine andere als die des umgebenden Serpentins, da sie weniger Magnesia enthalten. Andere Minerale, wie Melanit, Pyrop (pag. 481), Klinochlor, Chromit, Arsenkiese etc., finden sich auch nicht selten in dem Gestein. In manchem S. lassen sich Ueberreste von Amphibol erkennen, woraus Weigand schloss, dass diese aus Amphibolgestein hervorgegangen seien. (Ueber die Bildung d. Serp.: G. Rose, Zeitschr. geol. Ges. 3. pag. 109. Websky, ebend. 10, pag. 277. Sandberger, Jahrb. Min. 1866, pag. 385, und 1867, pag. 171. Autor, Sitzungsber. Ak. Wien. 65, Abth. I, pag. 261. Weigand, Tschermak's Min. Mitth. 1875, pag. 183.)

Der Serpentin wird öfter in der Architektur angewandt. In Italien wurde der Stein früher mit dem weissen Marmor zu Fassaden verwendet, ebenso wurden die mit Kalkstein gemengten Breccien häufig zur Decoration benützt. Bei Zöblitz in Sachsen, Epinal in Frankreich haben sich kleine Industrien durch Verarbeitung des Serpentins zu Schalen, Leuchtern, Büchsen, Figuren etc. entwickelt.

Der Hydrophit, Jenkinsit, Vorhauserit werden zum S. gerechnet.

Chrysotil (Serpentinasbest) heisst das schön seidenglänzende feinfaserige Mineral, welches oft Adern im gemeinen Serpentin bildet. Hier tritt also die Fasertextur des Serpentins makroskopisch hervor. Die Farbe ist ölgrün, bisweilen auch dunkler bis zum olivengrün, aber auch heller bis zum weisslichen (Leukotil). Die Fasern stehen immer senkrecht zur Kluftfläche, die Aggregate haben ein optisches Verhalten, welches nach Websky eine rhombische Krystallisation vermuthen lässt. Sie lassen sich durch Reiben und Zupfen leicht in eine weiche wollige Masse verwandeln, daher die frühere Anwendung zu unverbrennlichen Gespinsten, Papieren etc. Schöne grüne und gelbe Schnüre sieht man im Serpentin von Reichenstein in Schlesien, Zöblitz in Sachsen.

Digitized by Google

Der Baltimorit wird zum Chrysotil gerechnet, das Bergleder vom Zillerthal und aus Norwegen ist ein verfilzter Ch. Das Bergholz (Xylotil) und der Bergkork scheinen Veränderungsprodncte zu sein. Der Metaxit bat keinen deutlichen Seidenglanz, da er nicht die parallelfaserige Textnr des Ch. zeigt.

An den Serpentin schliessen sich einige Minerale an, welche sowohl durch den Wassergehalt, als dnrch das Verhältnis der Kieselsäure zur Magnesia verschieden sind.

Zn den wasserärmeren gehören:

Der Pikrosmin, stenglig bis faserig. H. gegen 3. Mild. Farbe berggrün, grünlichgrau bis schwärzlichgrün. Ans der Spaltb. nach zwei gleichen Flächen schloss Haidinger auf eine rhombische Krystallisation. Wahrscheinlich ist er ein Umwandlnngsprodnct. Presnitz in Böhmen, Windischmatrei und Greiner in Tirol.

Der blätterige Pikrophyll, nach Dana ein zersetzter Pyroxen, ebenso der stenglige bis körnige Pyrallolith.

Der Spadait, dicht, durchscheinend, röthlich, milde. Der Saponit (Seifenstein), sehr milde und weich, graulich bis brann, ähnlich der Piotin. Der Neolith, weich, seifenartig, dunkelgrün bis schwärzlich.

Einen grösseren Wassergehalt als Serpentin zeigen:

Der Gymnit (Deweylit), harzähnlich rissig, honiggelb, der Kerolith, gelb, grau, röthlich, der Pimelith, apfelgrün, fettig anznfühlen, der Dermatin, dunkelgrün, kantendnrchscheinend. Dnrch Glüben werden allo diese dunkel bis schwarz.

Meerschaum (Sepiolith, *Glocker*).

Wegen der technischen Wichtigkeit ist dieses spärlich verbreitete Mineral aus der Reihe hervorzuheben. Dasselbe findet sich derb, knollig. Der Bruch ist flachmuschelig, matt. H. = 2 . . 2·5. Im Striche wird der M. glänzend, er fühlt sich fettig an, haftet an der Zunge, ist undurchsichtig, gelblichweiss oder graulichweiss. G. = 2, scheinbar aher geringer, his unter 1. Die chem. Zus. ist nach dem Trocknen $2\,H_2O\,.\,2\,MgO\,.\,3\,SiO_2$, im frischen Zustande enthält er um $2\,H_2O$ mehr. V. d. L. schrumpft er, wird hart, schmilzt an den Kanten zu weissem Email. Durch Säure wird er unter Ahscheidung von flockiger Kieselsäure zersetzt.

Der M. findet sich in jungen sedimentären Bildungen eingelagert in Kleinasien in der Ebene Eski-Sher, mit Fettquarz auf Negroponte, in kleiner Menge im Serpentin von Hrubschitz in Mähren etc. Der Gebrauch zur Fabrication von Cigarrenspitzen und Pfeifenköpfen ist hekannt. Es scheint, dass man das Mineral schon im Alterthum zu kostbaren Gefässen (Samische Gefässe) formte. Dem M. ähnlich ist der Aphrodit von Langhanshyttan.

Talk, *Werner*.

An den hisweilen vorkommenden Tafeln von sechsseitigem, auch rhombischem Umriss lässt sich die Krystallform nicht genau bestimmen, der Aehnlichkeit mit Chlorit und Glimmer wegen ist aber die monokline Krystallisation sehr wahrscheinlich. Die Begrenzungen werden als Endfläche $c = (001)$, Prisma (110) und Längsfläche $b = (010)$ gedeutet.

Die Spaltb. nach c ist sehr vollk., daher gewöhnlich ein starker Perlmutterglanz auf c hemerkbar. H. = 1. Die Schlagfigur ist sechsstrahlig. Die Blättchen sind sehr biegsam, weiss, farblos oder grünlich. Sie gehen im polarisirten Lichte

Digitized by Google

Axenbilder, einem scheinbaren Winkel von 17° entsprechend. A. E. parallel *b*, also einer der drei Schlaglinien parallel, die negative 1. Mittellinie senkrecht auf der Fläche *c*. Alle Arten sind sehr mild, fettig anzufühlen.

Die chem. Zus. ist $H_2O.3MgO.4SiO_2$, entsprechend 63·5 Kieselerde, 31·7 Magnesia, 4·8 Wasser. Oft ist ein geringer Eisengehalt vorhanden. Das Wasser entwickelt sich erst bei starkem Glühen. V. d. L. wird er hart, bis 6, leuchtet stark, schmilzt aber kaum in dünnen Blättchen oder feinen Splittern. Durch Säure wird er nicht zersetzt.

Man unterscheidet:

1. Blätterigen Talk. Derselbe kommt im Gebiete der krystallinischen Schiefer, besonders mit Chloritschiefer, Serpentin, Dolomit vor. Schöne durchsichtige Lamellen geben die Exemplare vom Greiner in Tirol, vom Gottbard, aus dem Chamonny-Thale etc. Adern von stenglig-blätteriger Textur wurden bei Kraubat in Steiermark im Serpentin gefunden. Der Talkschiefer, weiss, gelb, grün, auch rötblich, von schuppiger Textur, in Linsen und Lagern zwischen den krystallinischen Schiefern der Alpen, des Ural, in Brasilien, Nordamerika u. s. w. verbreitet; die Mischung mit Chlorit ist der Topfstein (Lavezstein, Giltstein) bei Chiavenna, Zöptau etc. Derselbe wird zu Trögen, Ofenkacheln verarbeitet, auch als feuerfester Stein beim Hochofenbetrieb benutzt. Im Talkschiefer und Topfstein sind oft schöne Minerale, wie Säulen von Strahlstein, durchsichtige Rhomboëder von Dolomit und Magnesit, ferner Granate, im Ural auch derbe Olivinmassen eingeschlossen.

Feinblätteriger Talk findet sich öfters pseudomorph nach Strahlstein, Bronzit, Sablit. Diese Umwandlungen deuten an, dass die Talkschiefer von derlei Mineralen abzuleiten seien.

2. Steatit (Speckstein). Dichter Talk, welcher sich leicht schneiden lässt. Er ist weiss, grünlich, graulich, fühlt sich fettig an, haftet nicht an der Zunge. Er findet sich derb und eingesprengt, in Knollen, bisweilen mit nierförmiger Oberfläche im körnigen Kalkstein und Dolomit, im Serpentin, Glimmerschiefer, Granit. Die häufig vorkommenden Pseudomorphosen zeigen zweierlei Bildung an. Jene nach Sahlit und Strahlstein sind Umwandlungen, jene nach Quarz und Dolomit werden als Verdrängungen betrachtet.

Merkwürdig ist in dieser Beziehung das Vorkommen von Göpfersgrün bei Wunsiedel in Baiern, welches Nauck beschrieb (Pogg. Ann. 75, pag. 129). Der Speckstein lagert zwischen Granit und Glimmerschiefer, sowie Phyllit. Alle daran beobachteten Erscheinungen lassen schliessen, dass ein ursprünglich vorhandenes Kalklager in Dolomit verwandelt wurde, wobei sich in den Klüften Quarz und Bitterspathkrystalle absetzten, und dass zuletzt eine allmälige Verdrängung dieses Lagers durch Speckstein erfolgt sei. Aus der dichten Masse lassen sich öfters Pseudomorphosen herausschlagen, wie solche in den Sammlungen verbreitet sind. Bekannt sind auch die Specksteinvorkommen von Briançon in Frankreich, Lowell in Massachusetts.

Der S. wird wie der Talk als Schmiere und Schminke, der Speckstein besonders zum Zeichnen, als feuerfestes Material für Gasbrenner u. s. w. benützt.

Digitized by Google

Von den chinesischen Sculpturen, deren Material Bildstein, Agalmatolith, Pagodit genannt wurde, bestehen viele aus Speckstein, andere aus Pyrophyllit.

Der Talkoid, Eisentalk, Rensselärit gehören hierher. Es mag noch bemerkt werden, dass der perlmutterglänzende Gemengtheil mancher Granite (Protogyn) und Schiefer, welcher aus Muscovit besteht, früher oft als Talk bezeichnet wurde, ferner dass viele Pseudomorphosen, z. B. solche nach Feldspath, Andalusit u. s. w., welche als Speckstein bestimmt wurden, aus einem Chlorit, Muscovit oder anderen Umwandlungsproducten bestehen.

Chloritgruppe.

Basische Silicate, Magnesia und Thonerde, meist auch Eisen enthaltend, frei von Alkalien. Das Wasser entweicht erst in der Glühhitze. Die Minerale der Chloritgruppe sind alle sehr vollk. spaltbar nach einer Endfläche und liefern meist biegsame Blättchen, oft sind sie krystallisirt, sonst blätterig schuppig, auch dicht und erdig. Meist erscheinen sie grün gefärbt und geben einen blassgrünen Strich. In der Regel sind sie schwer schmelzbar.

Chlorit, *Werner*.

Die Krystalle haben einen sechsseitigen oder dreiseitigen Umriss und ahmen oft hexagonale und rhomboëdrische Formen nach. Auf der Spaltfläche *c* haben sie oft Perlmutterglanz, die Blättchen sind biegsam und milde, sie erweisen sich optisch einaxig oder zweiaxig. Die Farben sind grünlichweiss, berggrün, lauchgrün, graugrün, schwärzlichgrün, zuweilen auch blaugrün, entenblau. Der Pleochroismus ist oft sehr deutlich. Durch *c* gesehen ergeben sich grüne, senkrecht dazu rothe Farben. H. = 2 . . 3, oft scheinbar geringer. Die Schlagfigur ist sechsstrahlig, wie beim Glimmer. G. = 2·65 bis 2·97.

Die chem. Zus. entspricht einer isomorphen Mischung von zweierlei Silicaten, indem das eine Glied der Mischung dem Serpentin entspricht, das andere die Thonerde enthält. $p(2H_2O.3MgO.2SiO_2)+q(2H_2O.2MgO.Al_2O_3.SiO_2)$. Die Coëfficienten p und q zeigen meist ein einfaches Verhältnis. Die beiden Verbindungen $H_4Mg_3Si_2O_9$ und $H_4Mg_2Al_2SiO_9$ sind atomistisch gleichartig. Ausserdem sind aber jene Silicate beigemischt, welche statt der Magnesia Eisenoxydul und auch statt der Thonerde Eisenoxyd enthalten. V. d. L. ist der Ch. sehr schwierig und nur in dünnen Blättchen schmelzbar, die eisenreichen Arten schmelzen schon leichter zu schwarzem Glase. Durch Salzsäure werden sie nur wenig zersetzt, die eisenreichen Arten schon merklich.

Die krystallisirten Arten finden sich auf Klüften im Chloritschiefer, Tremolitschiefer, Serpentin etc., auch auf Lagerstätten von Magnetit, Chromit. Die blätterigen und schuppigen bilden als Chloritschiefer eine Felsart, welche in den Alpen und allen Gebieten krystallinischer Schiefer verbreitet ist. Dieselbe enthält oft Schuppen von Biotit, von Talk, Krystalle von Magnetit, Granat, Strahlstein, Dolomit etc. Die derben schuppig-körnigen oder dichten bis erdigen füllen öfters Klüfte und Nester in Granit, Serpentin, in krystallinischen Schiefern oder auch rundliche Hohlräume in veränderten Eruptivgesteinen, wie Aphanit, Melaphyr.

Die indirecte Bildungsweise manifestirt sich häufig durch Pseudomorphosen, welche theils Umwandlungen sind, wie jene nach Strahlstein, Granat, Olivin, Vesuvian, Feldspath, oder Verdrängungen, wie solche nach Calcit, Fluorit, Magnetit, Eisenglanz.

Man pflegt gegenwärtig drei Abtheilungen zu unterscheiden.

Pennin, *Fröbel.*

Die Krystalle haben oft ein rhomboëdrisches Ansehen wie in Fig. 1 und 2. Die Flächen *v*, *w* sind horizontal gerieft. Winkel $cv = 76°15'$, $cw = 85°20'$. Die Formen *v* und *w* der Schweizer Krystalle verhalten sich wie *R* und 3 *R*. Ergänzungszwillinge beobachtete Descloizeaux. Tafelförmige Krystalle mit triangulärer treppenartiger Zeichnung durch schmale *R*-Flächen, am Rande mit $\infty P2$ wie in Fig. 3 kommen besonders im Zillerthal vor.

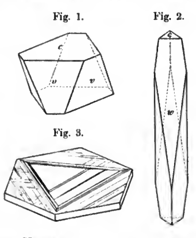


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Viele Krystalle sind optisch positiv, andere negativ. Die Doppelbrechung erscheint so gering, dass dünne Platten noch keinen Farbenring zeigen. Das schwarze Kreuz öffnet sich oft und man erkennt zweiaxige Theile in drei um 120° verschiedenen Stellungen. Mallard hält daher die Penninkrystalle für mimetische, die Individuen für monoklin. Die letzteren sind sodann isomorph mit Klinochlor.

Die chem. Zus. entspricht gewöhnlich dem Verhältnis $p:q = 3:2$ mit 34·6 Kieselerde, 14·9 Thonerde, 37·5 Magnesia, 13 Wasser, doch ist meistens ein Eisengehalt in beiden Oxydformen vorhanden. In einigen wenigen Arten ist jenes Verhältnis 1 : 1, nähert sich also schon jenem der folgenden Abtheilung.

Die grössten und schönsten Krystalle kommen vom Findelengletscher und von Rymfischwäng oberhalb Zermatt. Auch im Binnenthal in der Schweiz, bei Ala in Piemont und im Zillerthal in Tirol werden Krystalle gefunden. In den Chloritschiefern ist dieser Chlorit wie die folgenden enthalten.

Der Kämmererit von pfirsichblüthrother, bläulicher bis grüner Farbe ist chromhaltig. Seine Form ist oft anscheinend hexagonal, ähnlich wie Fig. 4. Optisch wie Pennin. Bisweilen findet man einen Kern von Kämmererit mit einer Hülle von Klinochlor in paralleler Verwachsung. In Klüften des Chromits von Texas, in Pennsylvanien, Bissersk im Gouvernement Perm, am Itkul-See bei Miask, bei Kraubat in Steiermark. Hierher gehört auch der dichte Rhodochrom.

Der Pseudophit Kenngott's vom Zdjarberg in Mähren, Plahen und Ckyn in Böhmen, ist ein serpentinähnlicher, dichter, apfelgrüner Pennin, an den beiden letzten Fundorten durch Umwandlung von Feldspath gebildet. Der Pyknotrop von Waldheim in Sachsen scheint ebenfalls ein Umwandlungsproduct zu sein, das aber mit Muscovit gemengt ist. Der Loganit zeigt Hornblendeform.

Digitized by Google

Der grünlich- oder gelblichweisse **Leuchtenbergit**, dessen Krystalle verändert aussehen, nähert sich in Form und chem. Zus. dem Klinochlor, verhält sich optisch wie Pennin. Er ist eisenfrei.

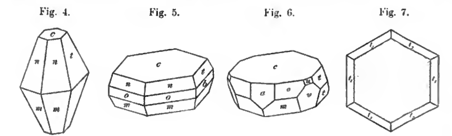
Klinochlor, *Blake* (Ripidolith, *Kobell*, Chlorit, *G. Rose*).

Die Krystalle sind öfter einfach und lassen die monokline Form erkennen. Die Fächen $c = (001)$, $t = (041)$, $b = (010)$, $n = (221)$, $o = (110)$, $m = 11\bar{1})$ sind gewöhnlich, $a = (100)$, $v = (13\bar{1})$, $u = (261)$ kommen auch öfter vor.

Winkel $oo = 58^\circ\ 32'$ $mm = 54^\circ\ 23'$ $ca = 76^\circ\ 5'$ $co = 77^\circ\ 53'$
$cn = 61\ \ 26$ $cm = 66\ \ 3$ $cv = 75\ \ 37$ $ct = 71\ \ 46$

A. V. $= 0{\cdot}5774 : 1 : 0{\cdot}7819$, $\beta = 76^\circ\ 5'$.

Der Vergleich mit den Krystallen des Pennins zeigt, dass a und v fast dieselbe Lage haben wie die Flächen v bei letzterem. S. Fig. 1 und 6. Zwillingsbildungen kommen öfters vor und erscheinen zum Theil als Drillinge, wie in Fig. 7. Hier ist die Zwillingsebene, in welcher sich die Individuen berühren, $33\bar{1}$, fast genau senkrecht gegen die Fläche c, zwei solche Flächen weichen fast genau



um 60° von einander ab. (Kokscharow, Mat. z. Min. Russl. Bd. 2, pag. 7.) Das optische Verhalten ist variabel. Der Charakter ist meist positiv, der Axenwinkel zuweilen sehr klein, oft aber ziemlich gross, der scheinbare bis 86° nach Descloizeaux. Die A. E. bald parallel b, bald senkrecht zu dieser Fläche, die 1. Mittellinie weicht von der Normalen zur Endfläche um 12 bis 15° ab.

Die chem. Zus. entspricht dem Verhältnisse $p : q = 2 : 3$ mit 30·2 Kieselerde, 22·3 Thonerde, 34·6 Magnesia, 12·9 Wasser, doch ist auch hier meistens ein Eisengehalt vorhanden.

Krystalle von deutlicher Ausbildung in Gesellschaft von Granat und Diopsid kennt man von Achmatowsk am Ural, Schwarzenstein im Zillerthal, Pfitsch und Pfunders in Tirol, Zermatt im Wallis. Bei Ala in Piemont sind es sechsseitige Säulchen, die oft eine wurmförmige Krümmung annehmen. Pseudomorphosen nach Vesuvian sind von Slatoust und Achmatowsk bekannt. Grosse Tafeln, häufig mit dreiseitiger Begrenzung, werden bei Westchester und Unionville in Pennsylvanien gefunden, ausserdem blätteriger K. bei Traversella in Piemont, Markt Leugast in Baiern, bei Arendal etc. In Chloritschiefern lässt er sich öfters nachweisen.

Der **Kotschubeit**, dem Kämmererit sehr ähnlich, ist das chromhaltige Glied dieser Reihe. Der **Korundophilit** von Chester in Massachusetts und Asheville in Nordcarolina, der wegen beständiger Gesellschaft mit Korund so bezeichnet wurde, ist dem Klinochlor

sehr ähnlich, würde aber nach Pisani's Analyse in der Reihe der Mischungen erst nach dem Ripidolith anzuführen sein. Der Tahergit hingegen steht näher dem Pennin. Der Pyrosklerit von Elha scheint znm Chlorit zu gehören, der damit vorkommende Chonikrit weicht aber durch einen Kalkgehalt davon ah.

Ripidolith, *G. Rose.*

Kleine Krystalle von hexagonalem Ansehen, ungefähr wie Fig. 4 und 5, oft kammförmig und wulstförmig verwachsen oder sechsseitige Säulchen, die wurmförmig gekrümmt sind, meist aber lockerkörnige, schuppige, erdige Aggregate, oft in feinsten Schüppchen als Ueherzug auf Krystallen oder diese gleichsam durchdringend. Die Farbe ist in allen Arten grün his schwarzgrün, der Strich seladongrün. So wie dic Krystalle nicht messhar sind, erlauben sie auch keine genaue optische Prüfung. Descloizeaux konnte nur die Aehnlichkeit mit Pennin constatiren.

Die chem. Zus. entspricht dem Verhältnisse $p:q=1:2$, jedoch hei erheblichem Eisengehalte. Wofern Magnesia und Eisenoxydul einander das Gleichgewicht halten, gäbe die Formel 25·4 Kieselerde, 21·8 Thonerde, 26·6 Eisenoxydul, 14·8 Magnesia, 11·4 Wasser. Derlei eisenreiche Arten hat Breithaupt als Onkoit, die eisenärmeren als Lophoit hezeichnet.

Der R. findet sich selten in einigermassen deutlicben Krystallen oder blätterigen Aggregaten, meist aber in schuppig-körnigen Anhäufungen, welche Nester im Gneiss, Granit, Chloritschiefer hilden oder Spalten in diesen Felsarten, auch in älteren Thonsebiefern füllen. Solche Massen umhüllen oft Bergkrystall, Apatit, Albit, Flnorit. Die grünen staubartigen Ueberzüge auf Drusen von Adular, Bergkrystall, Periklin, auf Krystallen von Titanit etc. sind R. Beispiele geben viele Vorkommen in den österreichischen, schweizer und französischen Alpen. Die wurmförmig gekrümmten und gewundenen kleinen Säulchen, wolche oft in derlei Krystallen eingeschlossen vorkommen und von Volger als Helminth hezeichnet wurden, gehören grösstentheils dem R. an. Der schuppigo his erdige R. ist hisweilen stenglig ahgesondert und findet sich nicht selten auf Gängen und Eisenerzlagerstätten, wie in Cornwall, bei Arendal, Sala etc.

Die Chlorit-Pseudomorphosen nach Strahlstein, Granat, Calcit, bestehen gewöhnlich aus Ripidolith. Es scheint, dass auch die Verdrängung von Quarz und Feldspathen durch R. vorkommt.

Jener erdige Chlorit, welcher oft Ausfüllungen der Mandelränme in veränderten Melaphyren und Porphyren bildet und von Naumann Delessit genannt wurde, scheint zwar meistens ein Gemenge zu sein, jedoch vorzugsweise aus Ripidolith zn bestehen, der Grengesit ist wohl dasselbe. Der Aphrosiderit, Epichlorit u. a. können nicht genauer classificirt werden.

Andere Chlorite gehören nicht der eben angeführten Hauptreihe an, sondern folgen einer anderen Regel der chem. Zus. Hierher gehören:

Der Thuringit von olivengrüner Farhe, welcher nur derb vorkommt und oft Abformungen an Kalkspath bildet, und der ihm ähnliche Metachlorit, ferner der seltene rahenschwarze Cronstedtit, welcher bei Lostwithiel in Cornwall dreiseitige bis sechsseitige einfache Pyramiden, bei Příbram stenglige Aggregate bildet und vollk. Spaltb. nach einer Richtung zeigt, ebenso der zugehörige Sideroschisolith. Aehnlich den vorigen, aher kieselreicher ist der grünlichschwarze Stilpnomelan von Bennisch, Zuckmantel, Weilburg, Nordmark.

Zwischen die Chlorite und Glimmer kann die Clintonitgruppe gestellt werden, welche Silico-Aluminate umfasst. Durch die grössere Härte bis 6 weicht sie schon aus der Reihe der Hydrosilicate. (S. Aut. und Sipöcz, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 3, pag. 496.)

Der Chloritspath (Chloritoid), dunkellauchgrüne bis schwarzgrüne blätterige oder schalige, spröde Massen im Quarz bei Pregratten in Tirol, in körnigem Kalk bei Katharinenburg im Ural, sonst auch in halbkrystallinischen Schiefern, $H_2O \cdot FeO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$. Zugehörig sind der Sismondin, der Masonit, Ottrelith, welcher letztere Schuppen im Thonschiefer von Ottrez an der belgischen Grenze, in den Pyrenäen u. a. O. bildet.

Der Xanthophyllit (Walnewit) von Achmatowsk, der Brandisit vom Monzoni etc., der Seybertit (Clintonit) von Amity bilden eine isomorphe Reihe, da sie als Mischungen von $H_2O \cdot CaO \cdot 4MgO \cdot 3SiO_2$ und von $H_2O \cdot CaO \cdot MgO \cdot 3Al_2O_3$ betrachtet werden können. Sie zeigen monokline tafelförmige bis kurz säulenförmige gelbe, grüne, braune Krystalle oder blätterige Aggregate mit vollk. Spaltb. nach der Endfläche. Verwandt ist vielleicht der Astrophyllit von Brevig und aus Colorado.

Der Margarit (Perlglimmer, Kalkglimmer), farblos, weiss, grau, bildet vollk. spaltbare, monokline, spröde Blättchen und Schuppen. Optisch wie Muscovit, jedoch $\rho < \upsilon$. $H_2O \cdot CaO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. Durch einen constanten Gehalt an Natrium zeigt sich die nahe Verwandtschaft mit den Glimmern. Greiner im Zillerthal, Naxos, Chester in Massachusetts u. a. O.

Corundellit, Clingmannit, Emerylith, Diphanit, Dudleyit sind alle Margarit.

Glimmergruppe.

Durch die sehr vollk. Spaltb. nach einer Fläche $c = 001$ ausgezeichnet. Die Blättchen sind elastisch. Alle Glimmer sind monoklin, die Form ist aber öfters einer hexagonalen ähnlich. Die nicht selten vorkommenden Zwillingsbildungen erfolgen gemäss der Regel, dass eine gegen c senkrechte Fläche, welche in der Prismenzone [001 : 110] gelegen ist, als Zwillingsebene fungirt. Die Härte liegt zwischen 2 und 3. Alle Glimmertafeln liefern als Schlagfigur einen sechsstrahligen Stern, aus drei Trennungslinien bestehend. Eine davon ist parallel der Symmetrieebene, die beiden anderen den Kanten von c mit 110 und $1\bar{1}0$. (Fig. 6 bei Muscovit und Meroxen.) Beim Drücken mit einer stumpfen Spitze bilden sich nach Bauer Trennungen, welche gleichfalls einen sechsstrahligen Stern liefern. (Punktirte Linien in jenen Figuren.) Diese Linien sind um je 30° von den vorigen verschieden gelagert, indem eine senkrecht zur Symmetriebene, die beiden andere senkrecht zu den Prismenflächen gerichtet sind.

Optisch sind die Glimmer darin gleichartig, dass die Spaltunglamellen aller Gattungen Axenbilder geben, und dass die 1. Mittellinie, welche sich beiläufig senkrecht gegen c richtet, negativ ist. Dabei erscheint aber die A. E. in den einen senkrecht zur Symmetrieebene b (Glimmer erster Art), in den anderen parallel derselben (Glimmer zweiter Art nach Reusch). Da eine der drei Schlaglinien immer parallel b ist, so liegt in den G. 1. Art die A. E. senkrecht zu einer Schlaglinie, in denen 2. Art aber parallel zu einer solchen, woraus ersichtlich, dass man, ohne den Krystallumriss zu kennen, beide Fälle unterscheiden kann.

In chemischer Beziehung sind alle Glimmer so weit gleich, dass darin durchwegs ein alkalihaltiges Alumosilicat vorhanden ist. Demgemäss geben sie alle eine deutliche Flammenfärbung. Sie schmelzen meist etwas schwierig zu Email. Ein Theil der Glimmer enthält auch ein Magnesia-, resp. Eisensilicat.

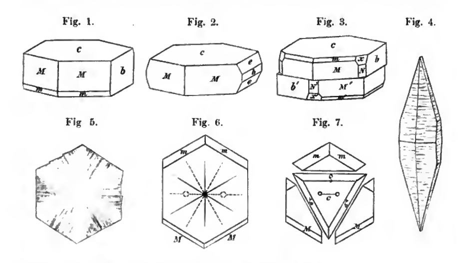
Digitized by Google

Der Unterschied von den Chloriten liegt zum Theil in der Elasticität der Blättchen und wesentlich im Alkaligehalte. (Lit. Aut. Sitzungsber. Ak. Wien, I. Abth., Bd. 76 n. 78, Zeitschr. Kryst., Bd. 2, pag. 14, Bd. 3, pag. 122. Bauer, Zeitschr. geol. Ges., Bd. 26, pag. 137. Kokscharow, Mem. Akad. Petersb. 7. sér., T. 24, Nr. 9. Rammelsberg, Ann. Chem. Phys. N. F. Bd. 9.)

a) Muscovitreihe.

Muscovit, *Dana* (Kaliglimmer).

Die Krystalle sind gewöhnlich tafelförmig, mit rhombischem, bisweilen regelmässig sechsseitigem Umriss. Wenn die Seitenflächen deutlich ausgebildet sind, was nicht häufig vorkommt, so ist die monokline Symmetrie zu erkennen.



Ausser der Endfläche $c = (001)$ bemerkt man dann häufig $M = (110)$, $m = (11\bar{1})$, $b = (010)$, auch $e = (011)$ und zuweilen $x = (13\bar{1})$, $N = (130)$. Zwillingsbildungen kommen öfters vor, zumeist in der Modification, dass die Individuen statt an der Zwillingsebene an c verwachsen sind, also über einander liegen, Fig. 3. Vergl. pag. 84. Winkel (110) $MM = 59°49'$, $cM = 85°36'$, $cm = 001 : \bar{1}11 = 81°30'$. A.V. $= 0{\cdot}5777 : 1 : 2{\cdot}217$, $\beta = 84°55'$.

Optisch ein Glimmer 1. Art. Fig. 6. Der Axenwinkel ist ziemlich gross in den normal zusammengesetzten, der scheinbare ungefähr 70°. Man hat also im Konoskop die beiden Axenbilder im Gesichtsfelde, daher Spaltblättchen von Muscovit ein bequemes Beispiel für optisch zweiaxige Lamellen. Die 1. Mittellinie weicht von der Normalen auf 001 nach rückwärts um nur Weniges, etwa 1° ab. Es ist $\rho > \upsilon$. Manche Muscovite sind farblos, die meisten aber blassgelb, blassgrün bis grau, grün und braun, dünne Blättchen sind immer nur blass gefärbt. Der Pleochroismus ist gering. Die Aetzfigur auf (001) ist pag. 140 angegeben. An einigen Arten ist ein Asterismus zu bemerken, welcher von feinen nadelförmigen Einschlüssen herrührt, vergl. pag. 112 G. $= 2{\cdot}76$ bis $3{\cdot}1$.

Die chem. Zus. entspricht der Formel $K_2O . 2H_2O . 3Al_2O_3 . 6SiO_2$ oder $K_2O . Al_2O_3 . 2SiO_2 + 2(H_2O . Al_2O_3 . 2SiO_2)$ mit 45 Kieselerde, 38·7 Thonerde, 11·8 Kali, 4·5 Wasser. Das erste Silicat erinnert an die Nephelingruppe, das zweite enthält Wasserstoff statt des Kali im ersteren. Das Wasser entweicht erst bei Glühhitze. Abweichungen von der normalen Zusammensetzung werden dadurch hervorgebracht, dass etwas von einem Magnesiaglimmer, Natronglimmer oder einem kieselreicheren und fluorhaltigen Glimmer beigemischt ist. Beim Schmelzen gibt der M. ein weisses Email, beim Erhitzen im Kölbchen etwas Wasser. Durch Salzsäure oder Schwefelsäure wird er nicht zersetzt.

Der krystallisirte M. findet sich in sitzenden Krystallen, wie Fig. 1 und 3, auf Klüften in Granit, Gneiss, Adular, Albit, Bergkrystall, wie am Gotthard, im Zillerthal, auch in Hohlräumen des Granits, wie bei San Domingo in Brasilien, im Mournegebirge in Irland, bei Nertschinsk, Ochotzk, Pargas etc. Manche solcher Krystalle zeigen eine Fältelung senkrecht zu den Seitenkanten. Fig. 5. Eingeschlossene Krystalle, wie in Fig. 2 und 4, kommen in grobkörnigen Ausbildnngen von Granit und Gneiss vor. Am östlichen Ufer des Ilmensees haben die im Granit vorkommenden Krystalle sehr spitze Formen, blos von *M* und *m*, auch *b* gebildet, Fig. 4.

Grosse Tafeln beobachtet man in New-Hampshire bei Acworth und Grafton, in New-York, bei Warwick. In manchen solchen Vorkommen sieht man flache Krystalle von Turmalin, Granat, Quarz von Papierdünne zwischen den Lamellen eingeschaltet, in jenem von Pennsbury in Pennsylvanien gestrickten Magnetit von ausserordentlicher Dünne. Die ungewöhnlich grossen, tafelförmigen Stücke, welche aus Sibirien, gegenwärtig aber meistens aus Ostindien in den Handel gebracht werden, verarbeitet man zu Schutzbrillen der Feuerarbeiter, Ofenfenstern, Lampencylindern etc., da die Tafeln in der Hitze nicht springen.

An den Glimmertafeln bemerkt man zuweilen Trennungen, entsprechend den Drucklinien, indem natürliche Trennungsflächen auftreten, wovon eine $\rho = \bar{1}02$, die beiden anderen $\zeta = 133$ und $\zeta = 1\bar{3}3$ sind. In Fig. 7 sind sie schematisch dargestellt. Als man diese Druckflächen, welche von Verschiebungen der einschliessenden Gebirgsmasse herrühren, noch nicht kannte, gaben derlei Stücke zu Irrungen Veranlassung. Beobachter, welche bemerkten, dass die A. E. einer Seitenkante parallel sei, glaubten einen Glimmer 2. Art vor sich zu haben. Daher die ältere Angabe, dass die optische Orientirung im Muscovit nicht constant sei. Trennungen im Sinne der Schlagfiguren kommmen blos untergeordnet vor.

Der Muscovit ist ein w e s e n t l i c h e r G e m e n g t h e i l vieler Granite, Gneisse und Glimmerschiefer, theils allein, theils in Gesellschaft seines nächsten Verwandten, des Meroxens. Im Glimmerschiefer und Gneiss erscheinen beide schuppig. Auch in anderen krystallinischen Schiefern, im körnigen Kalkstein und Dolomit ist der Muscovit sporadisch vorhanden. In den jüngeren Eruptivgesteinen fehlt er gänzlich. Er ist der vulkanischen Bildung fremd.

In den alten Silicatgesteinen kommen öfters Pseudomorphosen vor, welche die Entstehung von Muscovit aus anderen thonerdereichen Mineralen erkennen lassen. Diese Bildungen bestehen bald aus blätterigem, bald aus dichtem, speck-

steinähnliche M. Jene nach Adalusit und Disthen sind sehr bekannt, auch solche nach Korund wurden von Genth beschrieben. Die Feldspathe und deren Verwandte liefern derlei Producte nicht selten. Hierher gehören die Pseudomorphosen nach Skapolith (welche als Micarell bezeichnet wurden), nach Eläolith (als Gieseckit und Liebenerit bekannt). Die Ps. nach Orthoklas, auch nach Plagioklasen werden öfters im Granit und Gneiss, zuweilen auch in Porphyren beobachtet. Es wurde schon früher (pag. 462) bemerkt, dass bei der Umwandlung der Alkali-Feldspathe zu Glimmer Kieselsäure ausgeschieden werde, die sich in den Pseudomorphosen oft als Quarz wiederfindet. Die Minerale der Granatgruppe liefern auch öfters derlei Pseudomorphosen. Man kennt solche nach Turmalin, Granat, Beryll, Cordierit. Letztere Pseudomorphose ist zum Theil als Pinit bezeichnet worden, doch sind die Cordierit-Pseudomorphosen meist Gemenge, die verschiedene Namen erhalten haben (pag. 482).

Da die Substanz des Muscovits häufiger als alle verwandten aus verschiedenen Verbindungen entsteht, so ist zu schliessen, dass dieselbe unter allen ähnlichen am schwersten löslich sei. Demgemäss ist in vielen Mineralen und Mineralgemengen gleichsam eine Neigung zur Bildung von Muscovit anzunehmen.

In den sedimentären Felsarten ist der Muscovit auf secundärer Stätte weit verbreitet. Die Blättchen im Thonschiefer, Sandstein und Sand, im Löss und Mergel rühren aus den alten Silicatgesteinen her. In den halbkrystallinischen Phylliten und Grauwacken sind aber, wie schon Bischof annahm und wie es die mikroskopische Untersuchung wahrscheinlich macht, auch neugebildete Glimmer und Quarze vorhanden, die von Feldspath abzuleiten sind. Es ist demnach anzunehmen, dass die Umbildung der Feldspathe einer allmälig fortschreitenden Entwicklung entspreche.

Der Muscovit widersteht sehr kräftig den chemischen Angriffen, und er wird nur dort, wo Gesteine wie Granit und Gneiss der Verwitterung ausgesetzt sind, mit dem Feldspath in die Umwandlung zu Kaolin einbezogen.

Der dichte specksteinähnliche Muscovit wurde lange Zeit für eine besondere Gattung angesehen. Der noch etwas feinschuppige, welcher als Grundmasse von Disthen und Staurolith im Departement Morbihan und als Pseudomorphose nach Disthen in den Tauern, in Norwegen etc. vorkommt, wurde von Delesse als Damourit, jener von gelblicher oder grünlicher Farbe, welcher in Phylliten und halbkrystallinischen Sandsteinen in Lagen und Flasern, sowie auch gleichförmiger vertheilt vorkommt, von List Sericit genannt. Talkähnlicher Glimmer in manchem Granit (Protogyn) und schiefriger wurden als Talk und Talkschiefer bezeichnet, doch lässt sich der Unterschied v. d. L. constatiren.

Didymit, Amphilogit, Adamsit sind Namen für einzelne Arten. Der Onkosin scheint hauptsächlich dichter Muscovit zu sein. Derbe Muscovite, in welchen ein dem Margarit analoges Ba-silicat in geringer Menge beigemischt zu sein scheint, wurden als Oellacherit (Baryumglimmer) bezeichnet. Der Fuchsit ist nach Schafhäutl etwas chromhaltig. Der Roscoelith Blake's ist ein Glimmer, der viel Vanadin enthält.

Für jene Muscovite, welche einen höheren Si-gehalt aufweisen, z. B. solche von Freiberg in Sachsen, Soboth in Steiermark, hat der Autor den früher von Kobell für Muscovit gebrauchten Namen Phengit wieder verwendet. Das kieselreichere Silicat in jenen Glimmern scheint dem Lepidolith analog zu sein.

Digitized by Google

Paragonit (Natronglimmer). Die physikalischen Eigenschaften sind fast ganz dieselben wie bei dem Muscovit, auch die chem. Zus. ist analog $2 H_2O . Na_2O . 3 Al_2O_3 . 6 SiO_2$. Bisher wurde dieser Glimmer nur derh in feinschuppigen bis dichten Massen gefunden. Er bildet die Matrix der schönen Säulchen von Cyanit und Staurolith bei Faido im Tessin und auf Syra, sowie die specksteinähnliche Grundmasse des Strahlsteins im Zillerthal.

Der Pregrattit gehört zum Paragonit, der Margarodit und Euphyllit sind Gemenge oder Mischungen von Paragonit, Muscovit und etwas Margarit.

Lepidolith, *Klaproth* (Lithionglimmer z. Th.).

Messbare Krystalle wurden bisher nicht gefunden, jene unvollkommenen von Elba haben das Ansehen des Muscovits, mit welchem dieser Glimmer in der Schlagfigur und im optischen Verhalten genau übereinstimmt. Farblos bis pfirsichblüthroth, letztere Farbe von einem sehr geringen Mangangehalt. G. = 2·8.

Chem. Zus. annähernd $2 (K Li O . Al_2O_3 . 2 SiO_2) + Si_2O_3F_2$, entsprechend 50·6 Kieselerde, 28·9 Thonerde, 13·2 Kali, 4·2 Lithion, 5·4 Fluor. V. d. L. schmilzt der L. unter Aufwallen sehr leicht zu weissem Email, wobei die Flamme roth gefärbt wird. Durch Säure wird er im ursprünglichen Zustande nicht angegriffen, die Schmelze wird aber vollkommen zerlegt.

Der L. findet sich nur an wenigen Punkten im Granit, gewöhnlich mit fluorhaltigen Mineralen: Topas, Turmalin. Auf Elba in sitzenden Krystallen, bei Rožena in Mähren derb, kleinkörnig, pfirsichblüthroth. In diesem fand Bunsen Rubidium und Cäsium in kleinen Mengen. Gröber körnig bei Penig in Sachsen, Paris in Maine, Katharinenburg im Ural.

Der Zinnwaldit (Lithionit, *Kobell*, Lithionglimmer z. Th.) ist grau, gelblich, braun, dunkelgrün, die Krystalle haben oft einen regelmässig sechsseitigen Umriss und bieten Zwillingsbildungen dar, wie der Muscovit. Gewöhnlich sind sie gefältelt (wie in Fig. 5 bei Muscovit), fächerförmig oder fassförmig vereinigt, die Seitenflächen matt, gerieft. Die Winkel und das optische Verhalten wie bei Meroxen, jedoch mit ziemlich grossem Axenwinkel. G. = 2·9 bis 3·1. Chem. Zus. $K Li O . Al_2O_3 . 2 Si O_2 + Si O F_2$ mit einer Beimischung des Eisensilicates $2 Fe O . Si O_2$ zu ungefähr 20 Percent. V. d. L. schmilzt er sehr leicht zu dunkelgrauer Perle unter Rothfärbung der Flamme. Auf den Zinnerzlagerstätten bei Zinnwald und Altenberg in Cornwall.

Der Rabenglimmer Breithaupt's ist ein dunkelgrauer Zinnwaldit, der Kryophyllit Cooke's ist dem Z. verwandt.

b) Biotitreihe (Magnesiaglimmer).

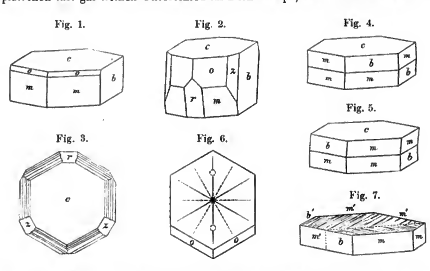
Meroxen, *Breithaupt.*

Die Krystallform ist besonders an den vesuvischen Glimmern gut zu erkennen. Dieselbe ist monoklin, obwohl manche Krystalle rhomboëdrische oder hexagonale Symmetrie nachahmen. Die Winkel sind dieselben wie beim Muscovit, wonach eine Isomorphie beider, wie überhaupt aller Glimmer anzunehmen ist. Gewöhnliche Flächen sind $c = (001)$, $b = (010)$, $o = (111)$, $m = (11\bar{1})$, $z = (131)$, $r = (101)$, selten ist $M = (110)$. Winkel $co = 73° 2'$, $cM = 85° 38'$, $cm = 001 : \bar{1}11 = 81° 19'$, $\beta = 84° 57'$. A.V. wie Muscovit.

Die Flächen *m* und *o* und andere derselben Zonen wechseln häufig treppenartig, so dass keine derselben herrschend ist, wogegen die Flächen *r* und *z* eben erscheinen. Dies bringt ein rhomboëdrisches Ansehen hervor, Fig. 3, und da

r und *z* mit *c* denselben Winkel von 80° bilden, so ist es erklärlich, dass der M. früher als rhomboëdrisch galt. Dazu kam noch der Umstand, dass der Winkel der optischen Axen öfters beinahe null ist. Einaxiger Glimmer und Magnesiaglimmer war demnach früher die gemeinschaftliche Bezeichnung für diesen und alle Glimmer der Biotitreihe.

Der M. ist ein Glimmer 2. Art (Fig. 6), und es ist $\rho < \upsilon$. Die 1. Mittellinie weicht von der normalen auf *c* nur wenig ab. Der Axenwinkel ist gewöhnlich klein, der scheinbare wurde jedoch bis zu 56° beobachtet. Die Farben sind blassgelb, blassgrün bis dunkelgrün, dunkelbraun und tiefschwarz. Der Pleochroismus ist in den entschieden gefärbten ausserordentlich stark. Allerdings geben Spaltplättchen fast gar keinen Unterschied im Dichroskope, aber Schnitte senkrecht



gegen die Fläche *c* oder auch nur schief dagegen, wie solche in den Gesteinsdünnschliffen häufig vorkommen, liefern meist so verschiedene Bilder, z. B. gelb und braunschwarz, dass der Unterschied noch greller ist als bei der Hornblende.

Zwillingsbildungen sind häufig, nach demselben Gesetze wie bei dem Muscovit. Man kann unter denjenigen Zwillingen, welche die Individuen über einander gelagert zeigen, zweierlei unterscheiden, indem die einen die Flächen 001 gegen einander kehren, Fig. 4, oder 00$\bar{1}$ einander zu kehren, Fig. 5, Zwillinge wie in Fig. 7 kommen seltener vor. Die Schlagfiguren und Druckerscheinungen sind im Allgemeinen so wie bei dem Muscovit. Zerdrückte Exemplare, welche wie der mittlere Theil der Fig. 7 bei Muscovit aussehen, wurden für rhomboëdrisch gehalten. Die Aetzfigur auf (001) ist regelmässig sechsseitig. G. = 2·8 bis 3·2.

Die chem. Zus. entspricht einer isomorphen Mischung, in welcher das bei Muscovit angeführte Silicat $K_2O . Al_2O_3 . 2\,SiO_2$ und jenes vom Olivin her bekannte $4\,MgO . 2\,SiO_2$ zusammentreten, und zwar in den Verhältnissen 1:1 bis 2:1. Auch das wasserhaltige Silicat des Muscovits mischt sich untergeordnet bei.

Dem ersten Silicat entspricht aber auch eine Eisenoxyd-Verbindung, dem zweiten eine Eisenoxydul-Verbindung, daher die gefärbten Meroxene das Eisen in beiden Formen enthalten. Die beiden Silicate sind wiederum atomistisch analog, wie die Formeln $K_2Al_2Si_2O_8$ und $Mg_4Si_2O_8$. zeigen. V. d. L. schmelzen die blass gefärbten schwieriger zu einem gelblichen Glase, die dunklen etwas leichter zu schwarzem Glase. Durch Salzsäure werden alle nur wenig, durch concentrirte Schwefelsäure aber in der Wärme vollständig zersetzt unter Hinterlassung eines Kieselskelettes.

Sitzende Krystalle finden sich in schönster Ansbildung nnd von verschiedener gelber, brauner, schwarzer Färbung in den Silicatblöcken der Somma am Vesuv, weniger mannigfaltige im Albanergebirge, am Laachersee, also an vulkanischen Punkten, sonst auch zuweilen in Hohlräumen von Granit. Die eingeschlossenen Krystalle im Granit bilden zuweilen grosse schwarze Tafeln, wie solche aus Grönland und Sibirien bekannt. G. Rose hat anf die manchmal vorkommende Verwachsung des schwarzen und des weissen Glimmers aufmerksam gemacht. Der Meroxen ist von Muscovit in genan paralleler Stellung umgeben, so dass die Spaltnng ohne Unterbrechung durch beide geht.

Die eingeschlossenen Krystalle, Blättchen und Schuppen von Meroxen bilden einen wesentlichen Gemengtheil mehrerer Gesteine, und zwar theils solcher, in denen auch Muscovit vorkommt, wie Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, theils auch anderer Massengesteine, wie Syenit, Glimmerdiorit, Porphyr bis zu den jüngsten Eruptivgesteinen, Trachyt, Andesit etc. Er ist ausserdem accessorisch in den meisten der übrigen krystallinischen Silicatgesteine vorhanden, hat also eine ausserordentliche Verbreitung.

In den älteren Felsarten werden öfter secundäre Bildungen gefunden. Man kennt Pseudomorphosen von Meroxen nach Skapolith, Granat, auch in den Cordierit-Pseudomorphosen ist er enthalten. Die wichtigste Erscheinung ist aber das Auftreten als Umwandlungsproduct nach Augit in älteren Tuffen und Porphyrgesteinen, ebenso nach Hornblende in Granit, Gneiss, Andesit etc. Im Centralgneiss der Tauern erscheint der ganze darin enthaltene Meroxen als eine secundäre Bildung in der Form der Hornblende.

In die sedimentären Gesteine geht der M. blos in beschränkter Mengo über, da er weder die Zähigkeit des Muscovits, noch dessen Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse besitzt. Demnach gelangen in den Thon, Sand, Sandstein fast nur die Zersetzungsproducte.

Da der Meroxen ein dem Olivin entsprechendes Silicat enthält, so ist die Veränderlichkeit desselben erklärlich. In der That liefert er überall dort, wo er der Verwitterung ausgesetzt ist, morsche und weiche Producte, wie den Rubellan, welcher in Basalttuff, den Voigtit, Aspidolith, Helvetan, Eukamptit etc, welche in Granit und Gneiss vorkommen und bisweilen für Chlorit gehalten werden. Hallit, Rastolyt sind auch derlei Bildnngen. Das Endresultat ist ein roth oder braun gefärbter erdiger Silicatrest.

Der Phlogopit, meist von rother und rothbrauner, sonst auch von grüner oder blasser Färbung, ist zuerst von Breithaupt unterschieden worden. Krystallographisch und optisch ist

er dem Meroxen gleich, sehr oft mit einem Axenwinkel von beiläufig 15°. Zwillingsbildungen wie bei den übrigen Glimmern, doch kommen solche wie in Fig. 7 (bei Meroxen) öfters vor. Ein Asterismus zeigt sich an manchen Exemplaren (s. pag. 112 u. 146). Charakteristisch ist das Vorkommen in körnigem Kalk, Dolomit und Serpentin, bei den rothen und braunen auch der Fluorgehalt. Der Ph. zeigt nämlich zwar eine Zusammensetzung, welche der des Meroxens ähnlich ist, jedoch entspricht das Kali-Alumosilicat dem Lepidolith. Daher die Verwandtschaft mit Zinnwaldit. Viele Ph. enthalten auch eine kleine Menge Lithium.

Fast farblos bei Rezbánya, rothbraun mit Pargasit und Diopsid bei Pargas in Finland, grün und braun im Fassathal, in St. Lawrence Cty, Natural Bridge und Penneville in Jefferson Cty, Burgess in Ontario und an mehreren anderen Orten in Nordamerika in körnigem Kalk, bei Campo longo im Tessin im Dolomit.

Die Zersetzungsproducte haben besonders in Nordamerika Veranlassung zu Namenbildungen gegeben, wie Vermiculit, Protovermiculit, Jefferisit, Culsageeit. Diese Veränderungsproducte, sowie die zersetzten Meroxene zeigen oft v. d. L. ein Aufblättern und wurmförmige Krümmung.

Der Anomit des Autors ist ein Glimmer erster Art, also eine Ausnahme unter den Magnesiaglimmern. Er enthält von dem wasserhaltigen Silicat des Muscovits: $H_2O . Al_2O_3 . 2 SiO_2$ etwas mehr als der Meroxen. Krystalle am Baikalsee, grosse Tafeln bei Greenwood fournace, bei Monroe, blätterig im Gneiss bei Krems in Niederösterreich.

Der Lepidomelan Hausmann's ist ein schwarzer, durch hohen Eisenoxydgehalt ausgezeichneter Glimmer. Der Pterolith Breith. scheint demselben verwandt. Der Haughtonit soll besonders viel Eisenoxydul enthalten.

Die Grünerde (Seladonit), welche zuweilen in Pseudomorphosen nach Augit und öfter als erdige Kruste oder Füllung von Hohlräumen in veränderten Tuffen und Mandelsteinen vorkommt, scheint, nach der chem. Zus. zu schliessen, hierher zu gehören. Sie wurde bisweilen als grüne Farbe benutzt.

Der Glaukonit, welcher kleine, grüne, rundliche Körner, in der Form dem Schiesspulver ähnlich, in Mergel, Thon, Sand und Sandstein bildet und auch als zerreiblicher Grünsand erscheint, ist ein wasserhaltiges Kalleisenoxydsilicat. Der Kaligehalt macht ihn zu einem der Vegetation dienlichen Mineral, daher die Verwendung als Kalidünger.

Thongruppe.

Weiche, meist erdige, krystallinische und amorphe Minerale, die wesentlich nur Kieselerde, Thonerde und Wasser enthalten. Mit Kobaltlösung befeuchtet und geglüht werden die reineren blau. Sie bestehen öfters aus einem Gemenge mehrerer Verbindungen dieser Gruppe oder enthalten eine Beimischung anderer Minerale, daher die Classification oft schwierig wird.

Kaolinit, *Johnston* und *Blake*.

Selten krystallinisch, zuweilen dicht, meist erdig und locker. Weiss, röthlich, gelblich, grünlich. G. = 2·2 bis 2·6.

Chem. Zus.: $2 H_2O . Al_2O_3 . 2 SiO_2$ entsprechend 46·4 Kieselerde, 39·7 Thonerde, 13·9 Wasser. Also von dem Silicat $H_2O . Al_2O_3 . 2 SiO_2$, welches in den Muscoviten enthalten ist, blos im Wassergehalt abweichend. V. d. L. unschmelzbar, durch Salzsäure wenig, durch concentrirte Schwefelsäure unter Abscheidung von Kieselerde zersetzbar. Man unterscheidet:

Nakrit, krystallinisch, in optisch zweiaxigen Blättchen von hexagonalem Umrisse, nach der Endfläche spaltbar, dem rhombischen System zugerechnet. Die Blättchen sind oft fächerartig gruppirt, durchscheinend, im polarisirten Lichte

dem Muscovit ähnlich, jedoch nach Descloizeaux eine Drillingsbildung zeigend (vergl. Fig. 7 bei Klinochlor). Perlmutterglänzend. H. = 1. G. = 2·627 in reinen Blättchen. Auf Erzgängen bei Freiberg, Marienberg in Sachsen.

Steinmark, dicht, oft härter wie der vorige. H. = 2 . . 3. Kommt nierförmig und krummschalig oder derb und eingesprengt, in Trümern und Nestern vor. Weiss, gelblich, auch floischroth, fettig anzufühlen. Im Porphyr von Rochlitz in Sachsen (Myelin und Carnat Breithaupt's), bei Szaska im Banat u. a. O.

Kaolin (Porzellanerde), erdig, locker, zerreiblich, mager anzufühlen, im feuchten Zustande plastisch. U. d. M. erscheinen die Theilchen flockig, doch nach Knop zeigen sich zuweilen sechsseitige Blättchen, wie im Steinmark und Nakrit.

Der Kaolin findet sich öfters als Pseudomorphose nach Feldspath, nach Skapolith, Beryll, Topas, im grossen Massstabe als Verwitterungsproduct Feldspath führender Gesteine. Bei Karlsbad in Böhmen, Schneeberg in Sachsen, St. Stephans in Cornwall sind die Kaolinlager aus dem unterhalb anstehenden Granit, bei Yrieux, südlich Limoges in Frankreich aus Gneiss entstanden. Oefters findet man noch Feldspathreste darin. Der Quarz wird abgeschlämmt.

Den Namen Kaolin haben wir von den Chinesen, welche das Porzellan zuerst erfunden. In Europa wurde das Verfahren 1706 von dem Goldmacher Böttger neuerdings entdeckt. Zur Bereitung des Porzellans dient nicht nur der Kaolin, welcher eine poröse Masse liefern würde, sondern es ist die Beimischung von gepulvertem Orthoklas oder auch von Quarz und Gyps erforderlich.

Der Thon ist ein Gemenge, welches nur zum Theil aus Kaolin, zum Theil aber auch aus anderen Zersetzungsproducten und auch aus dem Pulver frischer Minerale besteht. Durch die Thätigkeit der fliessenden Wässer werden einerseits die erdigen Verwitterungsbildungen als Trübung des Bach- und Flusswassers weitergetragen, anderseits die aus den Gebirgen herstammenden Gesteinsbruchstücke fortgeführt. Die beständigen gegenseitigen Stösse zerkleinern das Gesteinsmaterial, runden dasselbe ab und erzeugen hier die Gerölle, dort ein Pulver, das auf grosse Strecken fortgeschwemmt wird. Die Bäche sind Gesteinsmühlen und Schlämmwerke. Der an ruhigeren Stellen abgesetzte Schlamm und Thon ist demnach bald mehr aus den flockigen, durch Verwitterung entstandenen Theilchen, bald mehr aus den Splittern von Feldspath, Quarz, aus Glimmerschüppchen etc. zusammengesetzt. Oft sind viele Quarzkörner dabei, denn der Quarz verwittert nicht, ist nicht spaltbar, aber härter als die Begleiter. Je reicher an flockigen Theilchen, desto plastischer ist der Thon. Durch beigemengtes Brauneisenerz und Rotheisenerz, welche auch Verwitterungsproducte sind, erscheint er öfter gelb, braun oder roth gefärbt. Ein Gehalt an Kalkcarbonat, bald als Verwitterungsbildung der kalkhaltigen Feldspathe, bald als zerriebener Kalkstein anzusehen, ist häufig beigemengt. Bei grösserem Kalkgehalt hört die Plasticität auf, der Thon wird zum Mergel. Wo Basalteruptionen auf thonige Massen eingewirkt haben, findet sich öfters ein muschelig brechendes hartes Verglasungsproduct, der Basaltjaspis.

Die reineren Thone dienen zur Fabrication der Thonwaaren. Steingut ist porzellanartig, Fayance oder Majolica im Bruche feinerdig, porös, die gemeine

Töpferwaare gröber. Im Alterthume wurden meist rothe Thonwaaren erzeugt und gebrannter Thon, Terra cotta, für decorative Zwecke verwendet. Wegen der Unzerstörbarkeit leisten die Reste alter Thongefässe der Culturgeschichte grosse Dienste. Feiner Thon wird auch für Pfeifenköpfe, der reine für feuerfeste Tiegel und Mauerungen benutzt. Die Anwendung zum Walken der Tücher (Walkererde) und zum Modelliren ist alt. Die mehr gemengten Thone, oft als Lehm bezeichnet, werden als Baumateriale für Lehmwände, für Ziegel, Backsteine etc. gebraucht. Sonderbar mag es scheinen, dass in einigen Gegenden Südamerikas ein weisslicher milder Thon als „essbare Erde“ betrachtet und in ähnlicher Weise wie bei uns der Pfefferkuchen geformt und auch verzehrt wird.

Der plastische Thon ist wasserundurchlässig, daher Thonlager sich oft an der Oberfläche durch sumpfige Stellen vorrathen. Nach Seelheim ist Sand ungefähr 3070mal durchlässiger als Thon. Der thonige Grund ist für den Landwirth ein kalter Boden, der sandige, mergelige und kalkige ein warmer Boden. Der Löss, welcher zumeist aus feinen Splittern besteht und auch Kalkcarbonat enthält, ist locker staubig, nach Volger ein Absatz des Windes. Er bildet einen vorzüglichen Untergrund, besonders für Weincultur.

Zum Steinmark gehört auch der Pholerit. Ein dem Kaolin ähnlicher Thon ist der Halloysit, ferner der Lenzin, Glagerit, Malthacit.

Eisenhaltige Thone, von welchen manche Uebergänge zur Nontronitgruppe bilden, sind die Gelberde (Melinit), die Bergseife, der Plinthit. Als

Bol wurden früher mancherlei braune Thone bezeichnet. Werner beschränkte den Namen auf steinmarkähnliche Bildungen im Basalt und Mandelstein, welche im Wasser zerspringen. Siegelerde, terra sigillata, wurden ehemals verschiedene milde Thone genannt, welche mit einem Siegelabdruck versehen als Heilmittel in den Handel gebracht wurden: Lemnische Erde, Sächsische Wundererde (Teratolith), Sphragid. Darunter waren auch graulichweisse Thone.

Einige Minerale, die gewöhnlich hierher gestellt werden, sind ärmer an Kieselerde als der Kaolin Hierher gehören: der Schrötterit, Allophan, welche opalartig, oft stalaktitisch aussehen, der Samoit, Kollyrit, Miloschin, die bald muscheligen, bald feinerdigen Bruch haben. Durch Beimischungen sind sie öfters gelb, roth, braun, auch blau und grün gefärbt. Alle werden durch Säure leicht zersetzt. Sie scheinen Hydrargillit zu enthalten

Reicher an Kieselerde sind der Razumoffskin, Montmorillonit, Cimolit, Pelikanit.

Pyrophyllit, *Hermann.*

Perlmutterglänzende, vollkommen spaltbare Blättchen in radialstengeligen Formen. Optisch zweiaxig. H. = 1. Mild, biegsam. G. = 2·78 .. 2·9. Chem. Zus.: $H_2O \, . \, Al_2O_3 \, . \, 4\,SiO_2$. V. d. L. blättert er sich (daher der Name) und schwillt unter vielfachen Windungen. Ottrez in Luxemburg, Beresowsk im Ural, Westana in Schweden, Brasilien, auf Spalten in Granit.

Zum P. gehören ebenso wie zum Nakrit auch dichte und erdige Minerale. Ein Theil des chinesischen Bildsteins oder Agalmatoliths ist dichter Pyrophyllit.

Das feinschuppige, perlmutterglänzende Mineral, welches als Versteinerungsmaterial von Graptolithen und als Ueberzug von Pflanzenresten in der Tarantaise gefunden wurde, sowie der feinfaserige Gümbelit stehen dem Pyrophyllit nahe, doch enthalten sie schon

etwas Kali. Die erdigen bis schuppigen Zersetzungsreste, welche als Pseudomorphosen nach Augit bei Bilin und am Kaiserstuhl vorkommen, werden bald als Cimolit, bald als Anauxit bezeichnet.

Unter dem Namen Pinitoid hat Knop dichte grünliche Minerale zusammengefasst, welche fettig anzufühlen sind, an der Zunge haften, angehaucht thonig riechen und, nach dem Kaligehalt zu schliessen, ein Gemenge von Verbindungen der Thongruppe mit Glimmer sind H. = 2·5. G. = 2·8. Sie bilden Einsprenglinge im Thonsteinporphyr Sachsens. Verwandt sind der Bravaisit, Killinit; auch der Hygrophilit Laspeyres', ein nicht plastischer Thon, hat einen Kaligehalt.

4. Ordnung: Titanolithe.

Diese Minerale sind zum Theile einfache Titanate, zum Theile aber Verbindungen dieser mit Silicaten und Zirkonaten.

Titanit, *Klaproth* (Sphen).

Die monokline Form dieses ziemlich verbreiteten Minerales ist zuerst von G. Rose ausführlicher beschrieben worden. Die Krystalle sind gewöhnlich nicht gross, ihre Ausbildnng ist mannigfaltig. Bisher sind 44 verschiedene einfache Gestalten bekannt. Hessenberg (in den Mineralog. Notizen) und Zepharovich haben dieselben erforscht. Die häufigsten Flächen sind: $P = (001)$, $x = (10\bar{2})$, $y = (10\bar{1})$, $l = (110)$, $r = (011)$, $o = (013)$, $n = (12\bar{3})$. A. V. = 0·4272 : 1 : 0·6575, $\beta = 85°22'$, Winkel (110) = 46°8′, 001 : $\bar{1}$02 = 39° 17′, 001 : $\bar{1}$01 = 60° 17′, 001 : 110 = 85° 45′, 12$\bar{3}$: 1$\bar{2}\bar{3}$ = 43° 48′.

Die Formen sind bald flach, nach P ausgedehnt, bald nach den Zonen ll und nn gestreckt. Zwillingsbildungen sind häufig, besonders die Berührungszwillinge nach $P = (001)$, wie in Fig. 2; aber auch Durchkreuzungszwillinge nach diesem Gesetze sind nicht selten. Spaltb. undeutlich, zuweilen schalige Zns. nach den Flächen l oder r. H. = 5 . . 5·5.

Diamantartiger Glasglanz oder Fettglanz. Die Farben sind gelb, grün, braun. Optisch positiv, die A. E. parallel 010. Die erste Mittellinie ist fast senkrecht zu x. Platten parallel zu dieser Fläche geben im Konoskop ein prächtiges Farbenbild, da die Hyperbeln breite Säume tragen, gegen innen zu lebhaft roth, nach aussen schön blau erscheinen. Klare Stücke hat man als Schmuckstein zu verwenden versucht. G. = 3·4 bis 3·6.

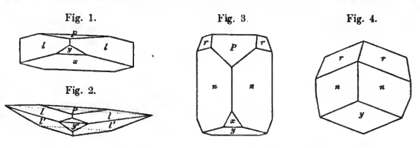
Chem. Zus. $CaO \,.\, SiO_2 \,.\, TiO_2$ mit 40·8 Titansäure, 30·6 Kieselerde, 28·6 Kalk, doch öfter mit etwas Eisen. V. d. L schmilzt er unter geringem Aufwallen an den Kanten zu dunklem Glase, durch Salzsäure wird er wenig, durch Schwefelsäure vollkommen zersetzt. Die Nachahmung des T. durch Schmelzen der Bestandtheile ist Ebelmen und Hautefeuille gelungen.

Der Titanit kommt in Klüften von Granit, Gneiss, Glimmerschiefer und Chloritschiefer in sitzenden Krystallen vor, z. B. im Tavetsch, im Ezlithal, am Gotthard in der Schweiz, Val Maggia in Piemont, im Pfitsch und Pfunders in Tirol, Untersulzbach in Salzbnrg, Achmatowsk im Ural. Die Krystalle sind oft von Ripidolith begleitet, anch von diesem überzogen und durchdrungen. Die Form in Fig. 1, Zwillingsbildungen nach P, wie in Fig. 2, sowie andere Zwillinge sind diesem Vorkommen eigenthümlich.

Digitized by Google

Schwebend gebildete Titanitkrystalle sind ein charakteristischer accessorischer Gemengtheil vieler Syenite und Diorite, ferner auch mancher Trachyte, Phonolithe. Sie sind einfach, oft von der Form in Fig. 3, und meist braun gefärbt. Kleine gelbe Kryställchen und Körnchen werden oft u. d. M. in den hornblendehaltigen krystallinischen Schiefern wahrgenommen. In Nordamerika finden sich grosse braune Krystalle entsprechend der Fig. 4 im körnigen Kalk, z. B. mit Pyroxen und Skapolith bei Bolton, mit Wollastonit und Graphit bei Attleboro in Pennsylvanien, ferner bei Edenville, Monroe u. a. O. Auch auf Magnetitlagerstätten, wie bei Arendal, wird der T. angetroffen.

Der rothe Greenovit von St. Marcel ist manganhaltiger T. Als Grothit bezeichnete Dana den eisenhaltigen Titanit aus dem Plauen'schen Grunde bei Dresden. Das Zersetzungsproduct, welches die äussere Zone von Lamellen des Titaneisenerzes in manchen Gesteinen, auch Pseudomorphosen bildet, wurde Lenkoxen und Titanomorphit genannt. Dasselbe



ist vorzugsweise Titanit. Der monokline Yttrotitanit (Keilhauit) von Arendal steht dem T. nahe. Der Guarinit ist auch ein verwandtes tetragonales Silicat.

Silicotitanate sind auch:

Der tesserale Schorlomit, welcher Ca und Fe enthält, sowie der amorphe Tschewkinit mit Ce- und La-Gehalt. Beide sind schwarz.

Perowskit, *G. Rose.*

Zwar nicht zu den häufigen Mineralen gehörig, aber durch die Formbildung merkwürdig. Die Krystalle sind mimetisch-tesseral nach den Beobachtungen von Descloizeaux, Baumhauer und Ben Saude. Sie haben oft Würfelform und ahmen viele tesserale Combinationen nach, die Flächenriefung zeigt bisweilen Aehnlichkeit mit jener der pyritoëdrischen Abtheilung, doch bestehen sie aus vielen Individuen, welche zwillingsartig verbunden sind, indem Ebenen, welche bei tesseraler Auffassung (100) und (110) wären, als Zwillingsebenen fungiren. Vergl. pag. 93, Fig. 206. H. = 5·5.

Die Farbe ist meist schwarz, doch kommen auch rothe und gelbe Krystalle vor. Der Diamantglanz der dunklen Arten ist etwas metallartig. Im polarisirten Lichte zeigt sich Doppelbrechung mit den complicirten Erscheinungen der Zwillingsstöcke. G. = 4·0 . . 4·1.

Chem. Zus.: $CaO \cdot TiO_2$ mit 58·8 Titansäure, 41·2 Kalkerde, doch meistens mit einem Eisengehalte. V. d. L. unschmelzbar, durch Säure nicht zersetzbar. Die von Ebelmen und von Hautefeuille dargestellte entsprechende Verbindung zeigt die Form und auch die Doppelbrechung des P.

Sitzende Krystalle sind selten: Pfitsch in Tirol, eingeschlossene etwas häufiger, z. B. im körnigen Kalk bei Achmatowsk im Ural, im Talkschiefer bei Zermatt, Schweiz, ferner bei Magnet Cove in Arkansas. Als accessorischer Gemengtheil wurde P. in Nephelinbasalten erkannt.

Von den Silicotitanaten sind noch zu erwähnen:

Eudialyt, rhomboëdrisch, bräunlichroth. Mit Na, Ca, Fe. Kangerdluarsuk in Grönland, Magnet Cove. Zugehörig der Eukolit von Brewig.

Katapleit, hexagonal, gelb. Mit Ca, Na, H Brewig, Norwegen.

Wöhlerit, monoklin, gelb. Mit Nb, Ca, Na, Fe. Brewig.

Von den Titanozirconaten:

Polymignyt, rhomboëdrisch, schwarz. Mit Y, Fe. Fredriksvärn, Norwegen.

Mengit, rhombisch, schwarz. Miask.

VI. Classe: Nitrotype.

Zu diesen gehören die salzartigen Verbindungen, welche von der Tantalsäure, Niobsäure, Vanadinsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, sowie jene, welche von Säuren des Arsens und Antimons abgeleitet werden

I. Ordnung: Tantaline.

Minerale von geringer Verbreitung, hauptsächlich aus nordischen Ländern bekannt, Salze der Tantal- und Niobsäure.

Columbit, *G. Rose* (Niobit).

Rhombische Krystalle mit dem A.V. = 0·8148 : 1 : 0·6642 und von schwarzer Farbe. Sie erinnern an Wolframit, welchem sie auch in den Winkeldimensionen ähnlich sind. H. = 6. G. = 5·4 . . 6·4. Im Granit eingeschlossen bei Bodenmais, Zwiesel, Tirschenreuth in Baiern, bei Chanteloube in Frankreich, Tammela in Finland, Miask im Ilmengebirge, Haddam in Connecticut, Pikes Peak in Colorado. Im Kryolith bei Evigtok in Grönland.

Chem. Zus.: $Fe Nb_2 O_6$ oder niobsaures Eisenoxydul $FeO\,Nb_2O_5$, jedoch meist in isomorpher Mischung mit dem entsprechenden tantalsauren Salze $Fe\,Ta_2O_6$. Unschmelzbar, durch saures schwefelsaures Kali aufzuschliessen.

Isomorph mit dem Columbit ist der Tantalit $FeTa_2O_6$ von gleicher Farbe und gleichem Vorkommen, jedoch seltener.

Die Substanz des Tantalits und Columbits krystallisirt aber auch tetragonal mit den Winkeln des Rutils. Die entsprechenden Krystalle von Tammela wurden Tapiolith genannt. Wenn man die Formel des Rutils verdreifacht Ti_3O_6, so zeigt sich, wie zuerst Kenngott bemerkte, atomistische Analogie mit den Substanzen $FeNb_2O_6$ und $FeTa_2O_6$. Interessant ist auch der Azorit von den Azoren $CaTa_2O_6$, welcher mit dem Zirkon isomorph sein soll

Tantalo-Niobate sind auch der Yttrotantalit und der Hjelmit von Ytterby, Finbo, Korarfvet in Schweden. Dazu kommt der Fergusonit (Tyrit) und der Samarskit (Yttroilmenit). Diesen verwandt sind der Noblit und Hatchettolith. Ein Niobat ist der Koppit.

Als Tantalo-Niobate sind noch anzuführen:

Der Pyrochlor von Miask, Brewig, Fredriksvärn, der Mikrolith von Chesterfield, der Dysanalyt vom Kaiserstuhl, ferner der Polykras, Euxenit, Aeschynit.

7. Ordnung: Pharmakonite.

Salzartige Verbindungen, welche von der Antimonsäure, Arsensäure und Vanadinsäure abgeleitet sind. Sie folgen den Typus H_3AsO_4. Ausserdem einige Arsenite, dem Typus $HAsO_2$ entsprechend. Secundäre Bildungen auf Erzlagerstätten.

a) Antimonate.

Seltene, meist erst in letzterer Zeit bekannt gewordene Minerale: der Atopit, Ca und Na enthaltend, die Bleiniere, von muscheligem Bruche, wasserhaltig. Intermediäre auch Verb. des zweiten Typus enthaltend: Roméit, ein Kalksalz, Nadorit mit Pb und Cl. Rivotit mit Cu und CO_2. Hierher gehören vielleicht auch Schneebergit und Thrombolith.

b) Arsenate, wasserhaltige.

1. Weisse, Ca und Mg enthaltende Verbindungen sind:

Haidingerit, rhombisch, $HCaAsO_4$, sehr selten.

Pharmakolith, monoklin. $2HCaAsO_4 + 5H_2O$. Nadelförmige Krystalle, radialfaserige Aggregate. Andreasberg, Joachimsthal, Wittichen, Riechelsdorf, Markirch. Der Pikropharmakolith hat einen geringen Magnesiagehalt.

Wapplerit, triklin, mit monoklinem Habitus. $2HCaAsO_4 + 7H_2O$, jedoch magnesiahaltig. Begleitet den Pharmakolith.

Hörnesit, monoklin, strahlig, blätterig. $Mg_3As_2O_8 + 8H_2O$. Von unbekanntem Fundorte nur ein Exemplar im Wiener Hofmuseum.

2. Basische Kupfer- und Zinkarsenate:

Adamin, rhombisch, $(ZnOH)ZnAsO_4$. Chanarcillo, Cap Garonne, Laurion.

Olivenit, rhombisch, $(CuOH)CuAsO_4$. Mit vorigem isomorph. Redruth, Zinnwald, Nischne Tagilsk.

Erinit, nicht krystallisirt, im Uebrigen dem Olivenit ähnlich. Zu bemerken ist hier, dass auch ein dem Bol ähnliches Mineral Erinit getauft wurde.

Euchroit, rhombisch, grün, $(CuOH)Cu.AsO_4 + 6H_2O$. Libethen in Ungarn.

Abichit (Strahlerz, Klinoklas), $(CuOH)_3AsO_4$. Dunkelgrün, radialstengelig. Cornwall, Tavistock, Saida.

Tirolit (Kupferschaum), spangrün bis blau, strahlig-blätterig, ausser dem Kupferarsenat auch $CaCO_3$ enthaltend. Schwatz in Tirol.

Lirokonit (Linsenerz), monoklin, blau bis spangrün. Cornwall, Herrengrund.

Chalkophyllit (Kupferglimmer), rhomboëdrisch, blätterig, spangrün bis smaragdgrün, Redruth, Saida, Nischne Tagilsk. Beide letzteren thonerdehaltig.

Mixit, radialfaserig. Ausser dem Kupferarsenat auch etwas Wismut. Joachimsthal.

3. Wismut- und Uranarsenate.

Rhagit, gelblichgrüne Kügelchen. Wismutarsenat. Mit Uranerzen von Neustädtel bei Schneeberg in Sachsen.

Walpurgin, monokline längliche Kryställchen, gelb. Wismut-Uranarsenat, von gleichem Fundorte.

Uranospinit, schuppig, zeisiggrün. $CaU_2As_2O_{12} + 8H_2O$. Mit vorigem.

Zeunerit, tetragonal, grasgrün, $CuU_2As_2O_{12} + 8H_2O$. Schneeberg, Joachimsthal, Zinnwald. Beide letzteren gehören zur isomorphen Reihe der sog. Uranglimmer.

4. Arsenate von Metallen der Mangan- und Eisengruppe.

Chondroarsenit, gelbe harzähnliche Körner. Manganarsenat. Pajsberg.

Roselith, triklin, dunkel rosenroth. Kalk-Kobaltarsenat. Schneeberg.

Kobaltblüthe (Erythrin), monokline Krystalle, büschelige, strahlige Aggregate, auf den Spaltflächen perlmutterglänzend. Kermesin- bis pfirsichblüthroth. $Co_3As_2O_8 + 8H_2O$.

Liefert mit Salzsäure eine blaue Lösung, welche durch Wasserzusatz roth wird. Zersetzungsproduct kobalthaltiger Kiese, bisweilen deutlich secundär nach Speiskobalt. Schneeberg, Saalfeld, Riechelsdorf. Oefters mit As_2O_3 gemengt als sog. Kobaltbeschlag.

Köttigit, monoklin, wie voriger, jedoch blasser gefärbt, mit Zinkgehalt. Schneeberg.

Nickelblüthe (Annabergit), haarförmig, flockig. Apfelgrün bis grünlichweiss. $Ni_3As_2O_8 + 8H_2O$. Zersetzungsproduct der nickelhaltigen Kiese Vorkommen wie bei der Kobaltblüthe. Zugehörig der etwas magnesiahaltende Cabrerit.

Symplesit, monoklin, wahrscheinlich isomorph den drei vorigen $Fe_3As_2O_8 + 8H_2O$ Seladongrün oder blass indigblau. Lölling, Lobenstein.

Skorodit, rhombisch. Pyramidale oder kurzsäulenförmige Krystalle vom A. V. = 0·8673 : 1 zu 0·9558. Auch stengelig, faserig, dicht. Lauchgrün, seladongrün, grünlichschwarz, auch indigblau, roth und braun. $Fe_2As_2O_8 + 4H_2O$, arsensaures Eisenoxyd. Schmilzt zur granen magnetischen Schlacke, gibt mit Salzsäure eine braune Lösung. Schwarzenberg in Sachsen, Dernbach in Nassau, Lölling in Kärnten, Chanteloube, Nertschinsk, Antonio Pareira in Brasilien, Cornwall etc.

Pharmakosiderit (Würfelerz). Anscheinend tesseral mit Würfel und Tetraëderflächen, jedoch doppeltbrechend. Gelb, pistazgrün, braun. Basisches Eisenoxyd-Arsenat Schwarzenberg, Schemnitz, Neustadt i. Schwarzwald, Cornwall etc.

Arseniosiderit, faserige Kügelchen, braun, und der

Delvauxit sind Ca-haltige Eisenoxydarsenate.

Pitticit (Arseneisensinter), amorph, braun. Eisenoxyd-Arsenat mit etwas Sulfat. Ein Verwitterungsproduct der Arsenkiese. Freiberg, Schwarzenberg. Aehnlich ist der

Ganomatit (Gänseköthigerz) von Andreasberg, Joachimsthal, Schemnitz etc.

c) Arsenate, wasserfreie.

Mimetesit, *Breithaupt.*

Die Krystalle zeigen hexagonale Symmetrie: Prisma (10$\bar{1}$0), mit der Pyramide (10$\bar{1}$1) und Endfläche (0001). Winkel (10$\bar{1}$1) = 100° ungefähr. Die Winkel sind etwas schwankend, kommen aber denen am Pyromorphit und Vanadinit nahe. Die allgemeine Form der Krystalle ist kurzsäulenförmig bis tafelartig, auch pyramidal. Drusen, rosettenförmige, knospenförmige Gruppen, auch einzelne Krystalle. Bisweilen wird eine parallele Verwachsung mit Pyromorphit wahrgenommen. Spaltb. nicht deutlich. H. = 3·5 . . 4. Farbe gewöhnlich wachsgelb, honiggelb und gelblichgrün. Positive Doppelbrechung. Nach Bertrand entschieden optisch zweiaxig, die Krystalle mimetisch. G. = 7·2.

Chem. Zus.: $ClPb_5As_3O_{12}$. V. d. L. auf Kohle schmilzt er und gibt ein Bleikorn. In Salpetersäure und in Kalilauge ist er löslich. Johanngeorgenstadt, Zinnwald, Příbram, Badenweiler, Phönixville. Krystalle mit bauchigen Flächen, fassförmige sechsseitige Säulchen darstellend, von orangegelber Farbe, wurden von Breithaupt Kampylit genannt. Sie enthalten etwas Phosphorsäure und Chromsäure. Die schönsten kommen aus Cumberland.

Mit dem M. verwandt ist der Achrematit und der monokline Hedyphan. Letzterer von Langbanshyttan.

Berzeliit von ebendaher, ist ein derbes Ca-Mg-Arsenat.

Carminspath Sandberger's, büschelig, traubig, roth, ist ein Pb-Fe-Arsenat von Horhausen.

Durangit, monoklin, rothgelb, ist ein Arsenat, welches Al, Fe, Na, F enthält. Coneto in Durango, Mexico.

Digitized by Google

d) Arsenite.

Trippkeit, tetragonal, blaugrün. Ein Cu-Arsenit (arsenigsaures Kupfer). Mit Olivenit in Hohlräumen des Cuprits von Copiapo.

Ekdemit, tetragonal, blass, grüngelb. Cl-haltiges Bleiarsenit. Im Calcit von Langban.

e) Vanadate.

Vanadinit, *Haidinger*. Kleine hexagonale Prismen mit Pyramide und Endfläche, auch andere Formen. Nach Websky pyramidal-hemiëdrisch, wie Apatit. Winkel $(10\bar{1}1) = 100°$. Isomorphie mit Pyromorphit, Apatit. Die Aggregate sind nierförmig, von faseriger Textur. H = 3. Gelb, braun, selten roth. G. = 6·8 bis 7·2. Chem. Zus. $ClPb_5V_3O_{12}$, zuweilen mit etwas Pyromorphit gemischt. V. d. L. auf Kohle schmilzt er und gibt ein Bleikorn, durch Salpetersäure ist er leicht auflöslich. Am Obir bei Windisch-Kappel in Kärnten, Wanlockhead in Schottland, Beresowsk in Sibirien, Zimapan in Mexico.

Descloizit, monoklin, mit rhombischer Symmetrie, olivengrün bis schwarz. Basisches Salz $(PbOH)PbVO_4$ mit dem entsprechenden Zinksalz gemischt. Ajuadita in der Sierra di Cordoba in Argentina, Obir in Kärnten.

Volborthit, anscheinend hexagonal, gelb, grün. $(CuOH)CuVO_4$ mit dem entsprechenden Kalksalze. Syssersk, Nischne Tagilsk, Friedrichsrode.

Mottramit, krystallinisch, schwarz, Strich gelb. Ein basisches Kupfervanadat. Mottram bei St. Andrews, Cheshire.

Dechenit, rhombische Krystalle, kugelige Aggregate, roth, gelb, nelkenbraun. PbV_2O_6. Saures Anhydridsalz. Niederschlettenbach in Rheinbaiern, Zähringen bei Freiburg in Baden, Obir in Kärnten.

Eusynchit, kugelig, traubig, feinfaserig, gelbroth. Ein Blei-Zinkvanadat. Hofsgrund bei Freiburg in Baden.

Aräoxen, undeutlich faserig, bräunlichroth. Ein Blei-Zinkvanadat mit Arsenat. Niederschlettenbach.

Pucherit, rhombisch, hyacinthroth, braun. $BiVO_4$. Schneeberg, Ullersreuth.

3. Ordnung: Phosphate.

Diese Minerale bestehen aus Verbindungen, welche sich von der dreibasischen Phosphorsäure H_3PO_4 ableiten und entweder normale oder basische Salze, oft auch entsprechende Haloid-Sauerstoffsalze sind (pag. 243).

a) Wasserfreie Phosphate.

Apatit, *Werner.*

Durch die extensive Verbreitung und die Nützlichkeit das wichtigste Phosphat. Er wurde lange verkannt, mit Fluorit, Aquamarin u. s. w., verwechselt, bis Werner die Gattung erkannte und Klaproth die chemische Untersuchung ausführte. Der Name (von ἀπατάω betrüge) erinnert an jene Schwierigkeit der Unterscheidung.

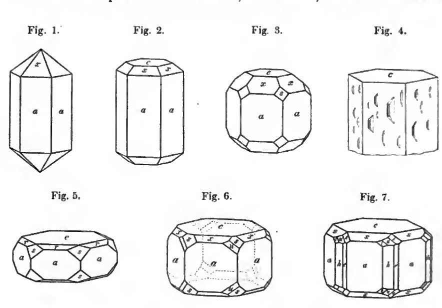
Krystalle sind häufig. Die Form ist hexagonal, gehört jedoch in die pyramidal-hemiëdrische Abtheilung. Trübe Krystalle zeigen freilich oft nur solche Gestalten, welche man als holoëdrisch ansehen würde, wie: Fig. 1, 2, 3. $a = (10\bar{1}0) = \infty P, e = (11\bar{2}0) = \infty P2, x = (10\bar{1}1) = P, r = (10\bar{1}2) = \frac{1}{2} P$, $s = (11\bar{2}1) = 2 P2, c = (0001) = 0 P$.

An den durchsichtigen Exemplaren kommen aber oft Flächen vor, wie *u*, *t*, welche der Lage nach einer zwölfseitigen Pyramide entsprechen, aber meist nur

in den abwechselnden Krystallräumen auftreten. Ebenso erscheint die Form *h*, die einem zwölfseitigen Prisma entspricht, blos mit der halben Flächenzahl.

$h = (12\bar{3}0) = \infty P\frac{3}{2}$, $t = (13\bar{4}1) = 4P\frac{4}{3}$, $u = (12\bar{3}1) = 3P\frac{3}{2}$. Winkel $(10\bar{1}1) = 99^{0}34'$, jedoch etwas schwankend. A. V. = 1 : 0·7346. Isomorphie mit Pyromorphit, Vanadinit, Mimetesit. Die Hemiëdrie zeigt sich nach Baumhauer beim Aetzen sehr deutlich. Alle Prismenflächen geben monosymmetrische Figuren, da sie nur von einer Symmetrieebene senkrecht getroffen werden. Fig. 4.

Spaltb. undeutlich nach *a* und *c*. H. = 5. Die ebenen Krystallflächen sind glasglänzend, Bruchflächen und krumme Krystallflächen haben Fettglanz. Vollkommen farblose Apatite sind nicht selten, auch weisse; oft aber sind blasse



oder satte Farben zu sehen, besonders gelb, grün, blau, violett, auch roth und braun. An derlei Exemplaren ist ein Dichroismus zu bemerken. Die Doppelbrechung ist schwach, $\omega = 1·646$, $\varepsilon = 1·642$ für Gelb; demnach negativ wie bei allen Gliedern dieser isomorphen Reihe. Man kann aber an vielen durchsichtigen Exemplaren eine Zweiaxigkeit erkennen, überdies eine Verschiedenheit der Sectoren, so dass derlei Krystalle als Drillinge monokliner Individuen aufgefasst werden können. Mallard hält daher die Apatitkrystalle für mimetische. G. = 3·16 bis 3·22.

Chem. Zus.: $FCa_5P_3O_{12}$ oder $Ca_3P_2O_8 + FCa_2PO_4$, entsprechend 55·5 Kalk, 42·3 Phosphorsäure-Anhydrid, 3·8 Fluor, jedoch ist fast immer auch etwas von der entsprechenden chlorhaltigen Verbindung zugegen, daher man im Apatit zwei Substanzen, Fluorapatit $FCa_5P_3O_{12}$ und Chlorapatit $ClCa_5P_3O_{12}$, annimmt. Letztere würde bei der Analyse 53·8 Kalk, 40·9 Phosphorsäure, 6·8 Chlor geben. Beimengungen veranlassen die Gegenwart fremder Stoffe, wie

Digitized by Google

Mg, Fe, Mn, in kleinen Mengen. V. d. L. ist der A. schwierig und nur an den Kanten der Splitter schmelzbar, durch Säure wird das Pulver gelöst.

Forchhammer hat durch Schmelzen der Bestandtheile mit Chlornatrium Krystalle von den Eigenschaften des Chlorapatits erhalten und gezeigt, dass man aus dem Pulver vieler Gesteine den Apatitgehalt mittelst der Chlornatriumschmelze ausziehen und umkrystallisiren könne. H. Saint-Claire Deville und Caron haben die Bestandtheile des Fluorapatits in eine Chlorcalciumschmelze eingetragen und Krystalle dargestellt, welche dem Fluorapatit entsprachen. Von anderen Experimentatoren sind die dem Apatit analoge bromhaltige Verbindung und das entsprechende Arsenat hergestellt worden.

Der Apatit ist hauptsächlich im Bereiche der Silicatgesteine verbreitet, und zwar in krystallinischen wie in sedimentären Bildungen.

Sitzende Krystalle, farblos oder weiss, finden sich auf Klüften im Gneiss und anderen krystallinischen Schiefern, z. B. im Gotthardgebirge, im Zillerthal. Klare Tafeln von seltener Grösse und prächtige kleinere Krystalle wurden mit Epidot im Untersulzbach in den Salzburger Alpen entdeckt. In Hohlräumen des Granits erscheinen auch öfters schöne Krystalle neben Turmalin, Lepidolith etc. Auf den Zinnerzlagerstätten bei Schlackenwald, Zinnwald, Ehrenfriedersdorf sieht man oft schönfärbige Krystalle. Nierförmige Drusen von Devonshire wurden als F r a n c o l i t h bezeichnet. Grosse Krystalle kommen von Arendal, Snarum, von Hammond in New-York nnd von anderen Punkten in Nordamerika, wo sie mit Kalkspath, Skapolith etc. öfters unter den Contactbildungen auftreten.

Eingeschlossene und beiderseits ausgebildete Krystalle werden auch öfters im körnigen Kalk beobachtet, bei Arendal der entenblaue M o r o x i t. Derlei Krystalle erscheinen rundlich oder ganz undeutlich. So auch die weingelben oder gelbgrünen im Talkschiefer des Greiner im Zillerthal (Spargelstein). Aehnlich ist der gelbe A. von Jumilla in Spanien. In kleinen, oft nur u. d. M. wahrnehmbaren Individuen ist der A. in verschiedenen Silicatgesteinen verbreitet.

L a g e r s t ä t t e n von grobkrystallinischem A. werden bei Kragerö und anderen Punkten im südlichen Norwegen, bei Estremadura in Spanien abgebaut. Hier sind es Kluftfüllungen, die von Hornstein begleitet werden. In Canada und New-Jersey hat man lagerförmige Massen.

P h o s p h o r i t wurde von Werner der strahlige A. mit nierförmiger Oberfläche genannt, jedoch wird die Bezeichnung jetzt für alle grösseren Ablagerungen von Kalkphosphat gebraucht. Die erdigen Kluftfüllungen in Dolerit und Basalt wnrden O s t e o l i t h genannt. E r d i g e r P h o s p h o r i t lagert auf Eisenerzen bei Amberg in Baiern. In England, in Nassau wurden Phosphoritlager meilenweit verfolgt. Die knolligen Vorkommen, welche bisweilen mit organischen Resten verbunden sind und öfters eine radialfaserige Zusammensetzung zeigen, sind in Frankreich, Galizien, Russland im Thon und Mergel weithin verbreitet.

S t a f f e l i t nannte Stein die traubigen und nierförmigen Ueberzüge von undeutlich faseriger Textur, welche in der Lahngegend Nassaus auf dichtem

Digitized by Google

Phosphorit vorkommen. Sie enthalten bis 9 Percent Kalkcarbonat und eine Spur Jod. Es dürfte eine Doppelverbindung anzunehmen sein. Sandberger und Streng beobachteten Apatitformen daran.

Der Gnano, welcher in den mächtigsten Ablagerungen auf mehreren Südsee-inseln, besonders den Chincha-Inseln an der peruanischen Küste gefunden wird und eine Ablagerung thierischer Excremente, besonders solcher von Vögeln, ist, enthält viel Kalkphosphat, aber auch Magnesia- und Ammonphosphat. Er ist meist grauweiss, gelb oder braun, erdig bis dicht. Durch die Einwirkung von Sickerwässern auf die unterliegenden Kalksteine bildet sich dichtes Kalkphosphat, welches Sombrerit genannt wurde. Der Guano ist eine locale Anhäufung jener Phosphate, welche sonst als Knochen, Excremente u. s. w. zerstreut den sedimentären Schichten einverleibt werden.

Eine allgemeine Bedeutung hat die Verbreitung des Apatits als accessorischer Gemengtheil der Silicatgesteine. Im Dolerit von Meiches, im Teschenit, in den Auswürflingen des Laachersees ist er schon mit freiem Auge zu bemerken. Von den jüngeren Eruptivgesteinen, wie Trachyt, Andesit, Basalt, bis zu den ältesten Silicatgesteinen, wie Granit und Gneiss, beherbergen alle Apatit in kleiner Menge. Hier ist die Urquelle des Minerales, von welcher das Vorkommen der grösseren Krystalle, die Lagerstätten nnd die Gegenwart des Apatits in den sedimentären Felsarten und organischen Ueberresten abzuleiten sind. Die Gesteinsanalysen hatten schon früher oft einen Phosphorsäuregehalt angegeben, durch die mikroskopische Untersuchung wurde gezeigt, dass derselbe in krystallinischen Felsarten überall von Apatit herrühre. Dieser erscheint oft in scharf ausgebildeten langen Säulchen von den Formen in Fig. 1 und 2, bisweilen in mehrere Glieder zerbrochen oder in staubartig vertheilten kleinen Körnchen. Die starke Lichtbrechung unterscheidet ihn von der Umgebung und von dem gleichgeformten Nephelin, dessen Brechungsq. 1·54.

Das Kalkphosphat ist demnach in den krystallinischen Felsarten als Apatit, in den sedimentären anch in anderer unkenntlicher Form allenthalben verbreitet. Es ist also den Pflanzen, welche auf den verschiedensten Gesteinsarten wachsen, überall jene Quantität von Phosphor geboten, deren sie bedürfen, welche sie aus dem Boden aufnehmen und ihrem Organismus einverleiben.

Die Landwirthe helfen dort nach, wo die Natur für üppiges Wachsthum zu wenig bietet, und benutzen den Phosphorit ans Norwegen, England, Nassau, Spanien etc. als vorzügliches Düngemittel, nachdem derselbe dnrch Schwefelsäure aufgeschlossen wurde. Zu gleichem Zwecke werden aber auch noch andere Phosphate beigezogen, wie sie in den Guanoablagerungen, in den Koprolithen etc. vorkommen.

Der Apatit erscheint öfters verwittert. Er enthält in diesem Falle Wasser und Kohlensäure und ist erdig und trübe. Hydroapatit, Pseudoapatit, Talkapatit, Eupyrchroit sind Bezeichnungen, die auf solche Vorkommen angewandt wurden.

Der monokline Wagnerit von Werfen in Salzburg ist FMg_2PO_4. Der Kjernlfin von Bamle in Norwegen stimmt damit überein. Der rhombische Herderit von Ehrenfriedersdorf in Sachsen und Stoneham in Maine ist $FCaBePO_4$.

Der trikline Amblygonit ist nach Penfield $F_2Al_2Na_2P_2O_8$, mit Beimischung des entsprechenden basischen Salzes. Penig, Arendal, Branchevillle in Connecticut. Das Vorkommen von Montebras in Frankreich und Hebron in Maine hält Descloizeaux für eine besondere Gattung: Montebrasit. Kobell will selbe Hebronit nennen.

Pyromorphit, *Hausmann* (Buntbleierz, Grün- und Braunbleierz z. Th.).

Oft krystallisirt. Die hexagonale Form ist prismatisch, wie in Fig. 2 und 3 beim Apatit, mit welchem der P. isomorph ist. Die Winkel stimmen auch mit jenen überein, ebenso die Aetzfiguren, welche die Zugehörigkeit zur pyramidalhemiëdrischen Abtheilung erkennen lassen. Die Krystalle sind öfters bauchig, fassförmig, an der Basis ausgehöhlt. Sie sitzen bisweilen einzeln, meist in Drusen. Traubige, nierförmige und derbe Vorkommen sind nicht selten. H. = 3·5 . . 4. Fettglanz. Durchsichtigkeit gering. Die Farben sind meist grün und braun: grasgrün, pistazgrün, olivengrün, zeisiggrün, nelkenbraun, haarbraun, seltener wachsgelb, honiggelb. Negative Doppelbrechung. G. = 6·9 bis 7.

Chem. Zus. $ClPb_5P_3O_{12}$, entsprechend 82·3 Bleioxyd, 15·7 Phosphorsäure, 6·2 Chlor. Beimischungen von Kalk und Fluor rühren von dem isomorphen Apatit, Arsensäure von dem isomorphen Mimetesit her. V. d. L. schmilzt er sehr leicht und erstarrt hierauf zu einem flächenreichen Korn, welches schon öfters für einen einfachen Krystall gehalten wurde, jedoch ein krystallinisches Aggregat ist. Mit Soda auf Kohle geschmolzen, liefert der P. ein Bleikorn, durch Salpetersäure, auch durch Kalilauge wird er aufgelöst.

Der P. ist eine secundäre Bildung auf Bleierzlagerstätten, wo derselbe auf Bleiglanz oder in der Nähe desselben vorkommt. Beispiele sind die Gänge bei Freiberg, Zellerfeld, Přibram, Mies, Braubach, Ems, Schapbach, Poullaouen, Beresowsk, Phönixville.

Die Pseudomorphose von P. nach Bleiglanz wird öfters gefunden, auch jene nach Cerussit. Eine häufig beobachtete Veränderung, welcher der P. unterliegt, ist die Umwandlung in Bleiglanz, also eine Rückbildung, wie sie bei Mies, Ems, Freiberg, Poullaouen, Berncastel beobachtet wurde (Blaubleierz). Bei Berncastel an der Mosel zeigt sich nach Blum die merkwürdige Erscheinung, dass die Pseudomorphose wieder von später gebildetem Pyromorphit und Cerussit bedeckt ist, ein Zeichen des Wechsels der Lösungen auf den Erzgängen. Verdrängungen des Pyromorphits durch andere Minerale, wie Kieselzinkerz, Limonit, wurden auch auf Gängen wahrgenommen.

Miesit, Nussierit, Polysphärit sind braune, nicht krystallisirte Pyromorphite mit Kalkgehalt.

Ein fluorhaltiges Phosphat ist ferner:

Der Triplit (Zwieselit), derb, optisch zweiaxig, wahrscheinlich monoklin, braun, fettglänzend. Chem. Zus.: $FFeMnPO_4$. Limoges, Schlackenwald, Bodenmais. Der Sarkopsid ist vielleicht Triplit. Triploidit scheint das entsprechende basische Salz zu sein.

Fluorfreie Phosphate sind:

Der rhombische Triphylin, grünlichgrau, öfters blaugefleckt, fettglänzend. Chem. Zus. $LiFePO_4$. Bodenmais, Grafton, Norwich. Durch Verwitterung liefert er ein Gemenge, welches

reich an Grüneisenerz ist, den Pseudotriplit. Der Heterosit, Hureaulit, Alluandit dürften ähnliche Producte, zum Theil nach Triplit sein.

Der Tetraphylin bildet durch seinen bedeutenden Mangangehalt den Uebergang zum Lithiophilit $LiMnPO_4$. Sie liefern schwarze Verwitterungsreste.

Als Phosphate seltener Oxyde sind zu nennen:

Der monokline Monazit (Turnerit), gelb, röthlichbraun, hyacinthroth, fleischroth, olivengrün, fettglänzend. Ein Phosphat, welches Cer und Lanthan, öfters auch Thoroxyd enthält. Eingeschlossene Krystalle bei Miask am Ural, Norwich in Massachusetts, Schreiberhan im Riesengebirge. Bei Nil St. Vincent in Belgien fand Renard kleine Krystalle mit Turmalinkryställchen und Muscovitschuppen, eine thonähnliche Kluftfüllung im Quarzit bildend. Sitzende Krystalle beobachtete v. Rath am Laachersee. Diese boten das Mittel, zu zeigen, dass der Turnerit, welcher in kleinen gelben sitzenden Krystallen im Tavetsch-, Cornera- und Binnenthal in der Schweiz auf Klüften mit Anatas vorkommt, die Form des Monazits habe. Pisani fand vorwiegend $Ce_3P_2O_8$, also die Zns. des M.

Der Eremit scheint ebenfalls Monazit zu sein. Der Kryptolith, welcher Nadeln im röthlichen Apatit von Arendal bildet, gab Wöhler die Zus. des M.

Der tetragonale Xenotim (Wiserin), braun, roth, gelb, fettglänzend, ist Ytter- und Cerphosphat. Hitteroe in Norwegen, Ytterby in Schweden, Schreiberhau im Riesengebirge, Königshayn bei Görlitz. Sitzende Krystalle im Binnenthal (Wiserin).

b) Wasserhaltige Phosphate.

Mehrere derselben sind Eisen- oder Manganphosphate:

Vivianit, *Werner* (Anglarit, Mullicit).

Monokline Krystalle, nach der Längsfläche sehr vollk. spaltbar, auf dieser oft perlmutterglänzend. Die Blättchen sind biegsam, gypsänlich. Die Gestalt der Krystalle ist langsäulenförmig. Winkel (110) = 72°, A.V. = 0·7498 : 1 : 0·7017, β = 75° 34′. Stenglige, faserige Bildungen sind häufig. H. = 2. Im ursprünglichen Zustande ist das Mineral farblos oder hellgrün, doch wird es an der Luft und im Bereiche der Tagewässer blau; meist wird es mit dieser Farbe gefunden. Stark doppeltbrechend. A. E. senkrecht zur Symmetrieebene, doch geben die Spaltblättchen im Konoskope keine Axenbilder, da der Winkel gross. G. = 2·6 bis 2·7.

Chem. Zus. $Fe_3P_2O_8 + 8H_2O$, entsprechend 43 Eisenoxydul, 28·3 Phosphorsäureanhydrid, 28·7 Wasser, so im ursprünglichen Zustande, wie Fisher an blassgrünen Krystallen fand, welche in einem Sande bei Middletown in Delaware gefunden wurden. Die blauen enthalten Eisenoxydphosphat. V. d. L. auf Kohle wird er roth und schmilzt hierauf zu einer grauen, glänzenden, magnetischen Kugel. Durch Säuren ist er leicht auflöslich, mit Kalilauge gekocht wird er schwarz.

Krystalle werden bei St. Agnes in Cornwall, bei Tavistock in Devonshire in Hohlräumen von Pyrit, bei Bodenmais in Baiern in Magnetkies gefunden. Bei Mullica Hill in New-Jersey in radialstengligen cylindrischen Aggregaten; hier und auf der Halbinsel Kertsch bildet langstengliger und erdiger V. die Ausfüllung fossiler Muscheln. In alten Kohlenbränden, in Sumpferzen, in Torfmooren ist der V. nicht selten. Erdiger, unreiner V. kommt in manchen Thonablagerungen vor. Im frischen Zustand ist die Erde weisslich, wird aber an der Luft bald blau (Blaueisenerde). In Knochen, die längere Zeit im Boden gelegen haben oder in Torfmooren gefunden werden, zeigt sich öfters Vivianit.

Digitized by Google

Durch Verwitterung geht der V. in ein braunes Oxydphosphat über, das öfters als Beraunit bezeichnet wurde.

Ludlamit, monoklin, vollk. spaltbar nach 001, gelblichgrün, durchsichtig. $(HOFe)_2Fe_5P_4O_{16}+8H_2O$. Mit Vivianit in Pyrit bei Truro, Cornwall.

Reddingit, rhombisch, isomorph mit Skorodit, gelblich, durch Veränderung rothbraun. Ist $Mn_3P_2O_8+3H_2O$. Brancheville, Fairfield Cty. Connecticut.

Fillowit, monoklin, jedoch scheinbar rhomboëdrisch, gelb, braun. Ugefähr $Mn_3P_2O_8+H_2O$. Brancheville.

Dickinsonit, monoklin, rhomboëderähnlich, olivengrün. Chem. Zus. nahe der vorigen gleich, jedoch mit Ca-Gehalt. Brancheville.

Strengit, rhombisch, isomorph mit Skorodit, pfirsichblüthroth, hyacinthroth. $Fe_2P_2O_8+4H_2O$, also Oxydphosphat. Giessen, Waldgirmes, Rockbridge. Nahe verwandt ist der etwas thonerdehaltige Barrandit.

Beraunit (Eleonorit), monoklin, hyacinthroth, röthlichbraun. Die vorige Verbindung und basisches Salz. St. Benigna in Böhmen, Scheibenberg in Sachsen.

Kraurit (Grüneisenerz, Dufrenit), traubig, dunkelgrün, durch Veränderung braun. Ein basisches Eisenoxydphosphat. Siegen, Waldgirmes, Hirschberg, Limoges, Allentown.

Kakoxen, radialfaserig, seidenglänzend, ochergelb. Auch ein basisches Eisenoxydphosphat. St. Benigna und Czerhowitz in Böhmen, Amberg, Waldgirmes.

Picit, amorph, dunkelbraun, Eisenoxydphosphat. Waldgirmes. Aehnlich ist der Delvauxit.

Chalkosiderit, triklin, hellgrüne Krystalle, Eisenoxydphosphat mit einem Gehalt an Thonerde und Kupfer. Cornwall.

Uranhaltig sind:

Torbernit (Uranglimmer, z. Th. Chalkolith, Kupferuranit), tetragonale tafelförmige Krystalle, perlmutterglänzend auf 0P, nach dieser Fläche vollk. spaltbar. Grasgrün, smaragdgrün, selten spangrün. Optisch negativ. Chem. Zus. $Cu(UO_2)_2P_2O_8.8H_2O$ Schneeberg, Johanngeorgenstadt, Eibenstock, Joachimsthal, Limoges, Cornwall. Zum T. gehört auch der Fritzschëlt.

Uranocircit, rhombisch, anscheinend tetragonal, tafelförmige Krystalle, zeisiggrün. $Ba(UO_2)_2P_2O_8.8H_2O$. Falkenstein in Sachsen.

Autunit (Uranglimmer, z. Th. Kalkuranit), rhombische tafelförmige Krystalle von tetragonalem Ansehen. Zeisiggrün bis schwefelgelb, im übrigen dem Torbernit ähnlich. Die Blättchen geben aber das Bild optisch zweiaxiger Krystalle. $Ca(UO_2)_2P_2O_8.8H_2O$. Zuweilen mit Torbernit in paralleler Verwachsung. Fundorte wie bei diesem, doch auch Autun in Frankreich, Chesterfield in Massachusetts.

Kupfer- und Zinkphosphate sind:

Libethenit, rhombisch, isomorph mit Olivenit und Adamin, lauchgrün, olivengrün, schwärzlichgrün $(CuOH)CuPO_4$. Libethen, Nischne Tagilsk, Ullersreuth. Der Pseudolibethenit enthält H_2O.

Tagilit, monoklin, smaragdgrün. Chem. Zus. ungefähr $(CuOH)_2HPO_4$. Nischne Tagilsk, Mercedes, Ullersreuth.

Phosphorchalcit (Lunnit, Pseudomalachit, Phosphorkupfererz), monoklin, traubig, nierförmig, strahlig-faserig, schwärzlichgrün, smaragdgrün, spangrün. $(CuOH)_3PO_4$. Cornwall, Saida. Aehnlich ist der Dihydrit.

Ehlit (Prasin), rhombisch, traubig, nierförmig, radialblätterig. Chem. Zus. wie eine Verbindung der beiden vorigen. Ehl bei Linz, am Rhein, Libethen in Ungarn, Nischne Tagilsk am Ural, Cornwall.

Hopëit, rhombisch, graulichweiss. $Zn_3P_2O_8.4H_2O$. Altenberg bei Aachen sehr selten.

Thonerdehaltige:

Childrenit, rhombisch, ochergelb, braun, schwarz. $2FeO.Al_2O_3P_2O_5.4H_2O$. St. Austel in Cornwall, Tavistock in Devonshire Hebron in Maine. Der Eosphorit ist die entsprechende Manganverbindung

Henwoodit, nierförmig, blau, ist kupferhaltig. Bleigummi, traubig, stalaktitisch, gelb, grün, braun, ist bleihaltig.

Lazulith (Blauspath), monoklin. Pyramidale, tafelförmige oder prismatische Krystalle, jedoch selten deutlich. Meist derb und eingesprengt. H. = 5 .. 6. Indigblau, berlinerblau bis bläulichweiss, Strich weiss. G. = 3 bis 3·12. Chem. Zus.: $(Al_2O_2H_2)MgP_2O_8$, jedoch immer mit der entsprechenden Eisenoxydul-Verbindung gemischt. V. d. L. schwillt der L. an, schmilzt nicht. Durch Säure wird er nur nach dem Glühen aufgelöst. Krieglach in Steiermark, Werfen in Salzburg, Zermatt im Wallis, Sinclair County in Nordcarolina, Graves Mountain in Georgia, hier schwebend gebildete Krystalle im Quarzit. Verwandt sind der Cirrholith, Tavistockit.

Kalait (Türkis), nierförmig, stalaktitisch, in Trümern und eingesprengt, dicht. H. = 6. Himmelblau, spangrün, apfelgrün. G. = 2·6 bis 2·8. Chem Zus. ungefähr $2\,Al_2O_3 . P_2O_5 . 5\,H_2O$, jedoch immer mit einer Beimischung von Kupfer- und Eisenverbindungen. Geglüht wird er dunkel, schmilzt nicht. Durch Säuren wird er aufgelöst.

Der blaue Türkis ist als Schmuckstein wegen der lieblichen Farbe geschätzt, obgleich die Härte gering. Brauchbare Steine (Orientalischer Türkis) kommen bei Nischapur, nordwestlich von Herat in Trachytbreccie vor, ausserdem in dem Megarathal am Sinai in Porphyr-in Mexico im Augitandesit der Cerillos. In letzter Zeit wurden schöne Stücke angeblich aus Egypten gebracht. Bei Jordansmühl in Schlesien, Oelsnitz in Sachsen wurden minder schöne, meist grünliche Vorkommen beobachtet. Aus dem künstlich dargestellten kupferhaltigen Thonerdephosphat wurde in letzter Zeit durch Compression des erhaltenen Niederschlages Türkis nachgeahmt. Das Product ist etwas mehr spröde als das Mineral. Sonst wurde auch blaugefärbtes, fossiles Elfenbein als Türkis verkauft (Beintürkis). Nahestehende Phosphate sind: Trolleit, Berlinit, Angelith.

Wawellit, rhombisch, radialfaserig, farblos, gelblich, selten grün und blau. H. = 3·5 .. 4. Durchscheinend. G. = 2·3 bis 2·5. Chem. Zus. ungefähr $3\,Al_2O_3 . 2\,P_2O_5 . 12\,H_2O$. V. d. L. schwillt er an, schmilzt nicht, durch Säuren wird er aufgelöst. Auf Klüften in Kieselschiefer bei Langenstriegis, Waldgirmes, in Grauwacke bei Czerhowitz, in Phosphorit bei Staffel, Amberg, ferner bei Barnstapel, Montebras n. a. O.

Striegisan ist W. Planerit, Coeruleolactin, Sphärit sind nahestehende Phosphate, ebenso der Variscit, Fischerit, Peganit, Zepharovichit. Ein amorphes, kleintraubiges, oft stalaktitisches verwandtes Phosphat ist der Evansit von Szirk in Ungarn.

Kalk- und magnesiahaltige Phosphate sind:

Der Fairfieldit, Isoklas, beide Calciumphosphate, und der Lüneburgit, welcher Magnesiaphosphat und Borat ist, ferner die Guanominerale:

Brushit, monoklin, gelblichweiss, $HCaPO_4 + 2\,H_2O$. Sombrero. Der Metabrushit hat $3\,H_2O$.

Struvit (Guanit), rhombisch, hemimorph, farblos, gelb, braun. $(NH_4)MgPO_4 + 6\,H_2O$. Es ist die Zusammensetzung desjenigen Salzes, welches beim Fällen einer ammonhaltigen Magnesialösung durch phosphorsaures Natron entsteht (pag. 216, Magnesium) und n. d. M. die hemimorphe Gestalt ausgezeichnet erkennen lässt. In Guano, z. B. in den Skiptonhöhlen bei Ballarat in Australien, in Abzugscanälen, z. B. ehemals in Hamburg.

Hannayit, triklin, $H_4(NH_4)_2Mg_3P_4O_{16} + 8\,H_2O$. Mit vorigem bei Ballarat.

Newberyit, rhombisch. $HMgPO_4 + 3\,H_2O$, bei Ballarat.

4. Ordnung: Nitrate oder Salpeter.

Kalisalpeter (Salpeter).

Rhombisch, isomorph mit Aragonit und in der Ausbildung der Krystalle diesem vielfach gleich (s. Aragonit, Fig. 1 und 2). Auch die Spaltb. und das optische Verhalten sind dasselbe. H. = 2. Farblos, weiss, grau. G. = 1·937.

Chem. Zus.: KNO_3, entsprechend 46·6 Kali, 53·4 Salpetersäure-Anhydrid. Schmilzt sehr leicht v. d. L. und färbt die Flamme violett, auf Kohle verpufft

Digitized by Google

or, in Wasser ist er leicbt löslich, in heissem aber viel leichter als in kaltem. Bei 0° bedarf 1 Th. K. 7·7 Thle. Wasser, bei 97° nur 0·43 Thle. Wasser zur Lösung.

Der S. wurde mit anderen Salzen gemengt in manchen Kalksteinhöhlen, z. B. auf Ceylon, in Calabrien, bei Homburg angetroffen, als Ausblühung an der Erdoberfläche in Aragonien, Ostindien, Ungarn, jedoch meistens veranlasst durch die Zersetzung von flüssigen Excrementen. Früher wurde diese Bildung in den sogenannten Salpeterplantagen nachgeahmt, indem Erde, welche Kalkcarbonat oder auch Kaliumcarbonat enthält, mit stickstoffhaltigen organischen Substanzen gemengt, mit Mistjauche oder Harn angefeuchtet, der Luft ausgesetzt wurde. Der wässerige Auszug wurde mit Holzasche versetzt und schliesslich durch Krystallisiren der Salpeter gewonnen. Gegenwärtig stellt man den S. zumeist aus dem folgenden Mineral durch Umsetzung mit Kalisalzen dar.

Der Salpeter dient zur Bereitung des Schiesspulvers, der Salpetersäure, der englischen Schwefelsäure, als Oxydations- und Flussmittel bei Metallarbeiten und für medicinischen Gebrauch.

Natronsalpeter (Chilesalpeter, Nitratin).

Rhomboëdrisch, isomorph mit Kalkspath und mit diesem in Bezug auf Spaltbarkeit, Orientirung der Härte, der Schlagfiguren, Aetzfiguren und die Erscheinungen bei der Bildung künstlicher Zwillinge nach $- \frac{1}{2} R$, endlich in optischer Hinsicht vollkommen übereinstimmend. Die bei der Krystallisation erhaltene Form ist fast immer das Grundrhomboëder, zuweilen mit der Basis. H. = 1·5 . . 2, farblos oder blass gefärbt, von salzig-kühlendem Geschmack. G. = 2·29.

Chem. Zus.: $NaNO_3$, entsprechend 36·5 Natron und 63·5 Salpetersäureanhydrid. Schmilzt leicht und färbt die Flamme gelb, verpufft auf glühender Kohle, ist im Wasser noch leichter löslich als der vorige. 1 Theil Salz bedarf bei 18° nur 1·14 Theile Wasser zur Lösung.

Der N. findet sich in der regenlosen Zone bei Iquique und Tarapaca im Departement Arequipa in Peru in einem Gebiete von 38 Kilometer Länge, ferner auch in Bolivia bei Arané. Er bildet Schichten auf sedimentären Felsarten und Porphyren, oft im Wechsel mit Gyps, gemischt mit Sand, stets mit Steinsalz und anderen Meersalzen verbunden, öfters von Guano und anderen Organismenresten begleitet. Geringe Mengen von Jodverbindungen sind in dem Salzgemenge immer enthalten.

Das Vorkommen weist auf eine Bildung hin, zu welcher organische Reste und das Meerwasser Anlass gaben.

Der Name Chilesalpeter entstand dadurch, dass das Mineral aus den chilenischen Häfen nach Europa kam.

Der N. dient zur Bereitung des Kalisalpeters und wird bei der Fabrication der Salpetersäure und Schwefelsäure, sowie als Düngemittel verwendet. Zur Fabrication des Schiesspulvers ist er nicht geeignet, da er an der Luft feucht wird.

Kalksalpeter und Magnesiasalpeter enthalten Krystallwasser. Sie finden sich unter den beim Kalisalpeter erwähnten Ausblühungen. Groth führt einen angeblich aus Chile herrührenden Barytsalpeter an, der Oktaëder bildet.

VII. Classe: Gypsotype.

Diese Classe umfasst alle salzartigen Verbindungen, welche von der Schwefelsäure, Chromsäure, Wolframsäure, Molybdänsäure abgeleitet werden und sämmtlich dem Typus H_2SO_4 folgen.

I. Ordnung: Sulfate.

Diese lassen sich durch Wasser oder Salzsäure in Lösung bringen, welche die Reaction auf Schwefelsäure gibt, oder sie liefern nach dem Glühen mit Soda die Reaction auf Schwefel, pag. 224. Die Härte steigt zuweilen bis 4. Glasglanz, selten Diamantglanz.

a) Wasserfreie Sulfate.

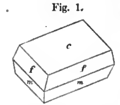
Sie sind farblos oder nur zufällig gefärbt, ihre Härte ist meistens 2·5 bis 3·5. Sie geben im Kölbchen kein Wasser.

Thenardit, rhombisch, krystallisirt in pyramidaler Form oder ist derb, körnig bis dicht oder erdig als Ausblühung. Farblos, weiss, röthlich. Geschmack schwach salzig, Na_2SO_4, kommt in ähnlicher Weise wie der Natronsalpeter, aber in geringerer Menge in Atacama und bei Tarapaca, ferner als ausgedehntes Lager am Rio verde in Arizona vor, als Quellenproduct in den Salinas d'Espartinas bei Aranjuez u. a. O.

Das Mineral ist leicht löslich, verwandelt sich an feuchter Luft in Glaubersalz, dient als Viehsalz, zur Sodabereitung etc. Durch Verstäuben des Glaubersalzes und beim Schmelzen des letzteren in seinem Krystallwasser bildet sich die dem Th. entsprechende Verbindung.

Glaserit (Arcanit), rhombisch, (110) = 59° 36′, oft anscheinend hexagonale Krystalle zeigend (wie Aragonit, Witherit). In Krusten und als Beschlag. Farblos, weiss, Geschmack salzigbitter. K_2SO_4 gewöhnlich mit dem entsprechenden Natronsalz gemischt, obwohl Thenardit und Glaserit nicht isomorph sind. Rocalmuto in Sicilien. Auf vesuvischen Laven fand Scacchi dieselbe Substanz in rhomboëdrischer Form: Aphthalos.

Fig. 1.



Mascagnin, rhombisch, mit vorigem isomorph, (110) = 58°52′, Krusten und Stalaktiten. Farblos, weiss, gelblich, scharf und etwas bitter schmeckend $(NH_4)_2SO_4$. Als Sublimat auf vesuvischen Laven.

Glauberit, monoklin, flache Krystalle, woran $c = 001$ vorherrscht, $f = (111)$, $m = (110)$. Fig. 1. Winkel (110) = 96° 58′, $111:1\bar{1}1$ = 32° 29′, $\beta = 67°49'$. Farblos, gelblich, graulich, durchsichtig. An feuchter Luft wird die Oberfläche matt und trübe. H. = 2·5 .. 3. Optisch negativ. A. E. senkrecht zu *b*, Platten parallel *c* liefern aber die Axenbilder (s. pag. 174 und 205). $Na_2SO_4 + CaSO_4$. In Wasser theilweise löslich. V. d. L. zerknistert der G. und schmilzt zu klarem Glase. In Steinsalz-Lagerstätten bei Villarubia in Spanien, Vic in Lothringen, Westeregeln bei Stassfurt, Iquique in Peru, Mayo mines im Pendschab u. a. O.

Anhydrit (Karstenit, Muriazit).

Wasserfrei (ἄνυδρος) im Gegensatz zu dem wasserhaltigen Gyps. Rhombisch. Krystalle sind selten. An jenen von Aussee herrschen Endflächenpaare, ferner Pyramidenflächen, wie $f = (311)$, auch das Prisma $s = (110) = 89°56'$, an jenen von Stassfurt die Flächen $r = (011) = 83°30'$. A. V. = 0·9988 : 1 : 0·8921. Der A. ist mit den folgenden Mineralen von ähnlicher chem. Zus. nicht isomorph.

Auffallend ist die vollk. Spaltb. nach den drei Endflächen. Am wenigsten vollk. ist sie nach $c = 001$, wo ein fettartiger Glanz herrscht, am meisten nach $b = 010$, welche Perlmutterglanz hat. Auf a zeigen sich öfters feine Linien parallel r, einer versteckten Zwillingsbildung entsprechend, welche auch durch Erhitzen veranlasst werden kann. Man kann demnach aus krystallinischem A. leicht würfelförmige Spaltungsstücke erhalten und kann durch das Flächenpaar c die Axenbilder sehen, da der Axenwinkel in Luft $71\frac{1}{2}°$. Optisch positiv, A. E. parallel a.

H. $= 3 .. 3{\cdot}5$. Farblos, weiss, aber auch öfters bläulich bis entschieden blau, sonst auch grau und roth. G. $= 2{\cdot}8$ bis 3.

Chem. Zus.: $CaSO_4$, entsprechend 41·2 Kalk und 58·8 Schwefelsäureanhydrid. V. d. L. schmilzt der A. schwer zu weissem Email, färbt die Flamme röthlichgelb. Mit Fluorit zusammengeschmolzen gibt er eine klare Perle. Durch Salzsäure wird er wenig angegriffen, durch conc. Schwefelsäure aber gelöst. Wenn das Pulver längere Zeit feucht erhalten wird, so wird es zum Theil in Gyps verwandelt.

Fig. 1.

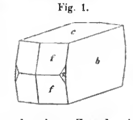
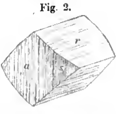


Fig. 2.



Manross erhielt Krystalle von der chem. Zus. des A. durch Schmelzen von Kalisulfat mit Chlorcalcium. Hoppe-Seyler zeigte, dass Gyps vollständig entwässert wird, wenn man denselben mit einer gesättigten Steinsalzlösung in geschlossenem Gefäss erhitzt. G. Rose beobachtete an Exemplaren des A. von Lüneburg, Stassfurt etc. die Textur des Gypses, daher die Bildung von Anhydrit durch Entwässerung des Gypses ein gewöhnlicher Vorgang zu sein scheint.

Sitzende Krystalle von Anhydrit kennt man aus den Salzlagerstätten bei Aussee, Hallein, Ischl, ringsum ausgebildete Krystalle fallen bei der Auflösung des Kieserits von Stassfurt heraus, seltener bei Auflösung des rothen Steinsalzes von Aussee. Der späthige, körnige, zuweilen auch stenglige A. findet sich namentlich in den alpinen Salzlagerstätten: Aussee, Ischl, Hallein, Berchtesgaden, Hall in Tirol, Bex in der Schweiz. Am Sommeraukogel bei Hallstatt wurde körniger A. als Ausfüllung von Ammonitenkammern beobachtet.

Der dichte A. ist in Gesellschaft von Steinsalz stark verbreitet. Im Stassfurter Salzlager bildet er in der unteren Region (Anhydritregion) im regelmässigen Wechsel mit Steinsalzschichten unzählige papierdünne Lagen, in anderen Steinsalzwerken sieht man ihn bald in deutlichen Lagen, bald unregelmässig vertheilt, auch traubig, blumenkohlartig, mit Steinsalz innig verwachsen. Der Gekrösestein von Wieliczka und Bochnia erscheint aus zusammengeschobenen Lagen gebildet.

Der körnige A. kommt auch ohne Steinsalz, jedoch immer von Gyps begleitet, zwischen verschiedenen Schichtgesteinen vor, so im Val Canaria der Schweiz, bei Volpino im Val Camonica der Lombardei, bei Lüneburg, am Harz u. a. O. Im Kalkstein findet er sich in der Nachbarschaft der Bleiglanznester bei

Bleiberg in Kärnten, auf Erzlagerstätten wie bei Fahlun. Anf Erzgängen wie bei Kapnik ist er eine Seltenheit, ebenso als vulkanisches Product, wohin die kleinen Kryställchen in vesuvischen Auswürflingen und in der Lava der Aphroessa-Insel bei Santorin gehören.

Den blanen Anhydrit von Volpino (Vulpinit) hat man für Scnlpturen verwendet. Wenn der A. dem Gyps beigemengt vorkommt, so wird er ohne Nachtheil mit diesem vermahlen, da er die bindenden Eigenschaften des überwiegenden Gypses nicht aufhebt. Zur Verbesserung des Ackerbodens ist der A. ebenso branchbar wie der Gyps.

Unter dem Einfluss des Wassers geht der Anhydrit allmälig in Gyps über, wobei das Volumen sich um 60 Percent vergrössert. Die Umwandlung, welche sich öfters deutlich verfolgen lässt, ist dementsprechend oft von Anfblähnngen und Zerklüftungen begleitet. Dieselbe ist als eine Rückbildung zn betrachten (pag. 307).

Baryt (Schwerspath).

War schon in den ersten Zeiten des Bergbaues als häufiger Gast auf den sulfidischen Erzgängen dnrch die schönen Krystalle aufgefallen und wurde wegen der Spaltbarkeit als ein Verwandter des Gypses betrachtet.

Die Formen sind immer dentlich rhombisch. An den tafelförmigen Krystallen herrschen die Flächen $b = (010)$ und $m = (101)$. Fig. 1 ist auch die Spaltungsgestalt des Baryts. Bisweilen sind die Kanten zwischen b nnd m abgestumpft durch Flächen wie $z = (111)$ oder $s = (212)$.

Die säulenförmigen Krystalle strecken sich bald nach der Zone des aufrechten Prisma, in welcher die Flächen $u = (110)$, $d = (120)$ und $l = (140)$ auftreten, oder aber nach der Zone des Längsprisma, in welcher $o = (011)$ und $c = (001)$ häufig vorkommen. Anch nach dem Querprisma m gestreckte Formen kommen bisweilen vor (Wolnyn). Der Habitus der Krystalle ist daher vielem Wechsel nnterworfen. Zugleich ist der Flächenreichthum der Krystalle bisweilen gross, und die Zahl der bekannten einfachen Formen (60) sehr beträchtlich.

Winkel der typischen Formen sind:

$m:m = 101:10\bar{1} = 78°20'$	$o:o = 011:01\bar{1} = 105°24'$
$u:u = 110:1\bar{1}0 = 63°39'$	$m:d = 101:120 = 60°54'$
$d:d = 120:1\bar{2}0 = 102°17'$	$d:o = 120:011 = 61°50'$

A. V. = 0·6207 : 1 : 0·7618. Krystalle von doppelter Bildnng, pag. 16, oder Kernkrystalle, ferner Krystalle mit abwechselnden klaren und trüben Schichten. finden sich nicht selten. Helmhacker, Denkschr. Ak. Wien. Bd. XXXII.

Die Spaltb. ist sehr vollk. nach b, jene nach m steht nur wenig zurück. H. = 3 . . 3·5. Die Schlagfigur anf b geht nach den Diagonalen, die Risse sind also 100 nnd 001 parallel. Die Orientirung der Härte ist auf pag. 137, die Form der Aetzfiguren auf pag. 140 angegeben.

Der B. ist optisch positiv. Ein Blättchen, parallel der Querfläche 100 geschliffen, gibt die Axenbilder, da deren Winkel in Luft $63^1/_2$. Beim Erwärmen auf 200° wächst dieser auf 75°. Die Axen liegen parallel $c = 001$

(s. pag. 196). Oft ist der B. farblos oder weiss, jedoch zeigen sie auch mannigfache Färbungen: grau, gelb, roth, bläulich, grünlich, braun. G. = 4·3 bis 4·7.

Chem. Zus.: $BaSO_4$, entsprechend 65·7 Baryumoxyd und 34·3 Schwefelsäureanhydrid. Nicht selten ist etwas von Strontiumsulfat beigemischt. V. d. L. zerknistert der B. heftig, schmilzt nur sehr schwer an den Kanten, gibt mit Soda eine trübe Schmelze, wird von Salzsäure nicht angegriffen, von conc. Schwefelsäure aber gelöst. Durch Verdünnen der Lösung mit Wasser wird wieder $BaSO_4$ gefällt.

Von den Versuchen, Krystalle von den Eigenschaften des Baryts künstlich darzustellen, sind jene von Macé und von Fremy am wichtigsten, welche zeigen,

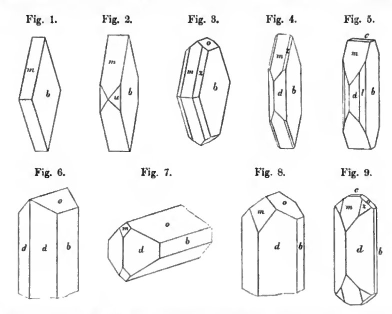


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

dass Krystalle beim allmäligen Zusammentreffen von Lösungen entstehen, deren eine salpetersaures Baryum, die andere irgend ein Sulfat enthält (s. pag. 261). Es ist indess nicht nöthig, die Bildung des Baryts aus Lösungen durch das Experiment wahrscheinlich zu machen, da jedes Vorkommen diese Art der Bildung verräth. Besonders pflegt man die jugendlichen Absätze im Sand und Mergel, die Baryte, welche in Versteinerungen des Mainzer Beckens, in Würtemberg, in der Dordogne, in Yorkshire gefunden werden, ferner jene, die als Quellenbildung in Karlsbad ausgegraben wurden, als beweisend anzuführen.

Dem B. kommt eine ziemlich starke Verbreitung zu, obgleich er weder selbstständig in grossen Massen auftritt, noch als Gemengtheil von Felsarten fungirt. Auf Gängen bildet er Krystalle, die häufig in prächtigen Drusen vereinigt oder auch rosettenförmig, hahnenkammartig, baumförmig u. s. w. zusammengefügt sind. In solcher Art begleitet er oft mit Quarz den Bleiglanz, die silberhaltigen Erzgänge, jene der Kobaltformation. Auf den Zinnerzgängen

Digitized by Google

ist er sehr selten. Beispiele für die barytischen Erzgänge liefern die Umgebungen von Schemnitz, Kremnitz, Nagybánya, Felsőbánya in Ungarn. Hier ist der B. öfters durch Auripigment gelb gefärbt, von Antimonit begleitet. Schöne Tafeln von Baryt erscheinen wie aufgespiesst, oder durchzogen von den Nadeln des Antimonglanzes.

Bei Přibram kommen mindestens zwei Barytgenerationen vor, wovon die ältere schon wieder manche Veränderung erfahren hat. Zernagte Krystalle, hohle Abdrücke durch Auflösung entstanden, Verdrängungen durch Quarz, Pyrit u. s. w. sind hier nicht selten. Ein sehr bekannter Fundort schöner Drusen mit mannigfacher Färbnng ist der Giftberg bei Komorau in Böhmen, wo der Gang ein Hämatitlager durchsetzt. Bei Freiberg, Marienberg hat man auch schön krystallisirten B., aus Cumberland gute Beispiele für die nierförmige Aggregation der Krystalle.

Vollständig erfüllte Barytgänge kennt man bei Brixlegg und Schwatz in Tirol, wo sie noch Fahlerz enthalten, taube Gänge bei Riechelsdorf in Hessen, bei Brotterode am Harz im Granit u. a. a. O.

Ein gewöhnliches Vorkommen, jenes in Hohlräumen und Nestern, in Klüften, zeigt die Herkunft derSubstanz aus dem Nebengestein an. In den Blasenräumen der Mandelsteine sitzen zuweilen Krystalle, in Porphyren, Trachyten, in Kalk- und Sandsteinen erscheint der B. öfters als Kluftfüllung. Die schönsten Krystalle, die in einem Hohlraum auftreten, sind die grossen Exemplare von Dufton in England. Stalaktitische Bildungen sind von Newhaven in Derbyshire, braune faserige Ueberzüge von Durham bekannt. Sie werden öfters für ornamentale Zwecke verschliffen. Erdiger Baryt findet sich in Nestern im Mergel, z. B. bei Kanstein in Westphalen, ferner auch auf Gängen und Klüften, wie bei Freiberg. In manchem Sandstein ist der Baryt ziemlich gleichförmig verbreitet, in Mergeln bildet er zuweilen Concretionen. Bekannt wurden jene vom Monte Paterno bei Bologna (Bologneserspath), weil an diesen zuerst die Wahrnehmung gemacht wurde, dass Baryt, mit Tragantschleim oder einer anderen ähnlichen Substanz angemacht und geglüht, eine Masse liefert, welche durch Bestrahlung phosphorescirt. Später zeigte sich, dass nicht nur dem Schwefelbaryum, sondern auch dem Schwefelstrontium etc. diese Eigenschaft zukomme.

Blätteriger derber B. ist öfters ein Begleiter der Eisenspathlagerstätten, so bei Neuberg in Steiermark, Hüttenberg in Kärnten, Dobschau in Ungarn. Damit hängt die Erscheinung zusammen, dass auch die Manganerze, wie Manganit, Pyrolusit, häufig von Baryt begleitet sind. So bei Ilfeld, Oehrenstock bei Ilmenau etc. In Lagern und Schichten erscheint der Baryt nur selten. Dichter Baryt findet sich in solcher Form bei Meggen in Westphalen in wiederholten Lagern. Körniger B., einem körnigen Kalkstein ähnlich, bildet Schichten in den krystallinischen Schiefern bei Villarica in Brasilien.

Der B. dient zur Darstellung von Barytpräparaten, von denen mehrere in der Industrie Anwendung finden. Im gemahlenen Zustande wurde er öfters dem Bleiweiss zugemischt. Gegenwärtig wird aber als Anstrichfarbe meistens das künstlich dargestellte Bariumsulfat (Blanc fixe) verwendet.

Digitized by Google

Der schalige **Allomorphit** von Unterwirbach ist Baryt, der krummschalige **Kalkbaryt** von Freiberg enthält etwas Calciumsulfat, noch mehr der **Dreelit** von Beaujeu, welcher rhomboëdrische Formen zeigt.

Cölestin, *Werner.*

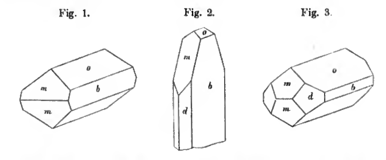
Wegen der himmelblauen Farbe der zuerst entdeckten Art so genannt. Rhombisch, oft krystallisirt, isomorph mit Baryt und auch häufig mit derselben Ausbildung der Krystalle, daher man solche leicht mit Baryt verwechseln kann. Die Winkel sind etwas schwankend, nach Auerbach:

$m:m = 101:10\bar{1} = 75°50 \qquad o:o = 011:01\bar{1} = 104°0'$

$d:d = 120;1\bar{2}0 = 101\ 11 \qquad o:m = 011:101 = 61\ 2$

Die Formen sind vorwiegend prismatisch, nach der Zone *bo* oder *bd* gestreckt, rhombische Tafeln, wie beim Baryt, sind nicht sehr häufig.

Spaltb. nach *b* und *m* wie beim Baryt, auch in der Härte und im optischen Verhalten mit diesem gleich. G. = 3·9 bis 4.



Chem. Zus.: $SrSO_4$, entsprechend 56·5 Strontian und 43·5 Schwefels. Die künstliche Darstellung der krystallisirten Verbindung erfolgte wie beim Baryt. V. d. L. zerknistert der C. und schmilzt leicht zur milchweissen Kugel, wobei die Flamme carminroth gefärbt wird (Unterscheidung von Baryt). Von Salzsäure wird er wenig, durch conc. Schwefelsäure aber ebenso wie der Baryt angegriffen, durch Kochen mit einer Sodalösung wird der Cölestin in Carbonat verwandelt.

Schöne weisse bis farblose Krystalle, die mit Schwefel und Gyps in Mergel vorkommen, werden durch den Schwefelbergbau Siciliens gewonnen, solche mit flächenreichen Combinationen im Kalkstein von Pschow bei Ratibor, blaue pleochroitische bei Jena, kleine blaue Krystalle auf Gängen bei Herrengrund, Leogang, öfters auch in Ammoniten-Versteinerungen in Würtemberg. Grosse Krystalle wurden bei Mokkatam in Egypten in Nummulitenschichten, hier oft in den Versteinerungen gefunden, breite barytähnliche werden von der Strontianinsel im Erie-See in Nordamerika gebracht. Fig. 2.

Der blaue Fasercölestin von Frankstown in Pennsylvania war derjenige, welchen Werner zuerst kennen lernte, auch die faserigen Platten, wie sie als Kluftfüllung in dem Mergel von Dornburg bei Jena vorkommen, sind lange bekannt.

Derben C. als Gangfüllung hat man bei Condorcet im Drome (Frankreich) beobachtet, wo er mit Bleiglanz und Blende einen 5 Meter mächtigen Gang im Gyps und Mergel bildet. In Knollen findet sich C. in Gypslagern bei Paris.

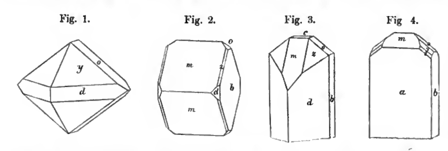
Der Barytocölestin ist eine isomorphe Mischung der beiden Sulfate, jener vom Greiner in dem Verhältnis 3 Ba : 4 Sr. Imfeld im Binnenthal, Jocketa in Sachsen, am Greiner in Tirol, hier neben Dolomit im Talkschiefer. Wenn man aus den von Neminar am Schweizer Vorkommen gemessenen Winkeln das Axenverhältnis entnimmt, so hat man für:

Baryt	$a:b:c = 0{\cdot}6207 : 1 : 0{\cdot}7618$
Barytocölestin	$0{\cdot}6116 : 1 : 0{\cdot}7978$
Cölestin	$0{\cdot}6085 : 1 : 0\ 7813$

woraus ersichtlich, dass die Krystalldimensionen des Barytocölestins nicht zwischen jenen der beiden anderen Minerale liegen.

Anglesit, *Beudant* (Vitriolblei, Bleivitriol).

Rhombisch, isomorph mit Baryt und Cölestin, da $mm = 76°\,17'$, $dd = 101°\,13'$, $oo = 104°\,24'$. A. V. $= 0{\cdot}6089 : 1 : 0{\cdot}7754$. Ausser den beim Baryt erwähnten Flächen ist auch $y = (122)$ häufig. Die Krystalle sind bald nach der Zone dd,



bald nach *oo* gestreckt. Der Formenreichthum ist ziemlich gross, da schon v. Lang 31 verschiedene Formen fand (Sitzh. Ak., Wien, 36, pag. 241), wozu später noch mehr als ebensoviele kamen (Sella, Zeitschr. Kryst. 4, pag. 400).

Spalth. nach *b* und *m* nicht sehr deutlich, H. = 3. Diamantglanz, Fettglanz. Oefters ist der A. durchsichtig und wasserhell, daher ihn die Bergleute Bleiglas nannten, oft aber auch grau, gelblich, braun. Optisch ist er vom Baryt wenig verschieden, da die A. E. parallel 001 und die 1. (posit.) Mittellinie senkrecht auf 100. Der Axenwinkel ist aber sehr gross, die Lichtbrechung stark, da der mittlere Brq. 1·88. G. = 6·2 bis 6·35.

Chem. Zus.: $PbSO_4$, entsprechend 73·6 Bleioxyd, 26·4 Schwefels. Erhitzt zerknistert er, schmilzt v. d. L. zu einer nach dem Erkalten milchweissen Perle, im Reductionsfeuer gibt er ein Bleikorn, durch Salzsäure wird er sehr schwer, durch Kalilauge vollkommen gelöst, gegen conc. Schwefelsäure verhält er sich wie der Baryt.

Die künstliche Darstellung der krystallisirten Verbindung ist wie bei den vorigen Gattungen durch Schmelzen und durch das Diffusionsverfahren gelungen.

Der Anglesit ist ein ziemlich häufiges Verwitterungsproduct des Bleiglanzes, aber seltener als der Cerussit. Die Krystalle sitzen öfters in Höhlungen des Bleiglanzes, wo dieser geschwärzt und zerfressen aussieht. Bisweilen finden sich

Digitized by Google

auch Pseudomorphosen nach Bleiglanz. Schöne Krystalle liefern die Insel Anglesea an der Nordwestküste von Wales, Iglesias und Monte Poni auf Sardinien, Zellerfeld am Harz, Schwarzenbach und Miss in Kärnten, ausserdem Dognaczka, Morawicza, Felsőbánya, Nertschinsk u. a. O.

Der Sardinian soll die Substanz des A. mit monokliner Form darbieten. Der Lanarkit von Leadhills ist monoklin $2 PbO . SO_3$.

Breithaupt beschrieb auch den Zinkosit, $ZnSO_4$, ferner den Alumian, ein Sulfat von der Zusammensetzung $Al_2 O_3 . 2 SO_3$.

Wasserhaltige Salinarsulfate. Häufig in den Salzlagerstätten.

Glaubersalz (Mirabilit, *Haidinger*).

Das farblose, durchsichtige, monoklin krystallisirte Salz kommt öfters in grösseren Krystallen in den Steinsalzlagern von Aussee, Hallstatt, Berchtesgaden etc. vor. $(110) = 93°29'$. A. V. $= 1·1161 : 1 : 1·2382$, $\beta = 72° 15'$.

H. $= 1·5 .. 2$. Geschmack kühlend und salzig-bitterlich. G. $= 1·4$ bis $1·5$.

Chem. Zus.: $Na_2SO_4 + 10 H_2O$ mit 55·9 Perc. Wasser. In Wasser ist das G. leicht löslich, es schmilzt leicht in seinem Krystallwasser. An der Luft verstäubt es, indem es das Krystallwasser verliert.

Es findet sich mit Steinsalz wechsellagernd bei Logrono am Ebro, für sich in wenig mächtigen Lagern bei Bompensieri in Sicilien, Muchrevan im Kaukasus.

Das in den Salzlagerstätten vorkommende G. ist eine Neubildung. In Wässern ist G. häufig in Lösung vorhanden, pag. 277 und 372.

Gyps.

Das häufigste aller Sulfate, durch das Auftreten in grösseren Massen und die häufige Begleitung des Steinsalzes merkwürdig. Γύψος bei Theophrast, Gypsum bei Plinius. Das Brennen und Formen waren schon im Alterthum geübt, Stuccaturen vielfach in Anwendung.

Die Krystalle sind monoklin, häufig nach der Längsfläche $b = 010$ platt, öfters aber auch dick-säulenförmig durch $f = (110)$ oder linsenförmig durch Vorwiegen von Pyramidenflächen wie δ und Querprismen wie o und p. Die letzteren Flächen sind häufig gekrümmt.

$l = (111)$, $n = (11\bar{1})$, $\delta = (\bar{5}, 10, 3)$, $o = (\bar{1}03)$, $p = (103)$, $h = (120)$.

A. V. $= 0·6891 : 1 : 0·4156$, $\beta = 81° 5'$. Die Winkel typischer Formen sind: $(110) = 68° 30'$, $ll = 1\bar{1}1 : 111 = 36° 30'$, $nn = (\bar{1}11 : \bar{1}\bar{1}1 = 41° 28'$, $oa = \bar{1}03 : 100 = 92° 40'$.

Zwillingsbildungen sind häufig, besonders jene nach 100, Fig. 3. Ausserdem gibt es solche nach 101, also nach einer Ebene, welche die Kante ll gerade abstumpft. Die letzteren Zwillinge würden, wenn blos die Flächen l, n, b, o vorhanden wären, die Gestalt in Fig. 7 darbieten, doch sind an den grossen Krystallen im körnigen Gyps vom Montmartre, die Seitenflächen nicht eben, sondern mit continuirlicher Krümmung ausgebildet, Fig. 8 (Schwalbenschwanzzwillinge). Ueber die Formen: Brezina, Tschermak's Min. Mitth. 1872, pag. 18. Laspeyres, ebenda, 1875, pag. 120.

Die Krystalle werden häufig sitzend gefunden, in den Drusen öfter zierlich sternförmig oder halbkugelig angeordnet. Die langsäulenförmigen sind bisweilen wiederholt hin und her gebogen, indem die Fläche *b* wellig gekrümmt ist. Die eingeschlossenen Krystalle sind einfach oder sind Zwillinge, oft bilden sie kugelige Gruppen.

Spaltb. nach *b* sehr vollk., daher auf dieser Fläche oft Perlmutterglanz entsteht. Nach $a = 100$ herrscht eine unvollk. Spaltb., welche etwas krumme Spaltflächen liefert. Die dritte Spaltb. nach *n* ist wieder vollkommen. Sie folgt zwei

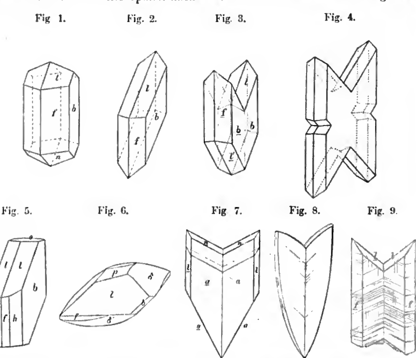

Fig 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 5. Fig. 6. Fig 7. Fig. 8. Fig. 9.

Flächen, so dass man nicht eine einzige ebene Spaltfläche, sondern eine faserig aussehende, oft seidenglänzende Trennung erhält. Fig. 9 gibt an, wie sich die Spaltb. in einem Zwillingskrystall gewöhnlicher Form, welcher gebogen oder gedrückt wurde, ausspricht. In Fig. 7 ist auch die Spaltung nach *n* und *a* zur Orientirung angegeben. Man kennt auch eine fernere Spaltb. nach $o = \bar{1}03$, diese ist schon mehr versteckt.

Reusch, welcher die Cohäsionserscheinungen am Gyps aufmerksam studirte, fand noch mehrere Trennungsrichtungen, welche nicht beim Spalten, sondern bei Knicken und beim Druck in bestimmten Richtungen entstehen z. B. nach den Ebenen 101, $\bar{5}09$.

Es ist merkwürdig, dass zwar die Mehrzahl der Gypsblättchen, die man durch Spalten erhält, biegsam erscheinen, dass aber manche Gypse, z. B. jene vom Montmartre, etwas spröde Tafeln liefern. H. = 1·5 .. 2.

Digitized by Google

Farbloser und weisser Gyps ist gewöhnlich, doch sind manche Arten gelblich bis honiggelb, andere röthlich bis fleischroth, noch andere grau bis schwärzlich gefärbt, die Doppelbrechung ist negativ. Um die Axenbilder zu sehen, muss man Blättchen senkrecht zur Symmetrieebene so schleifen, dass man das stumpfe Eck, welches von den vier Flächen *l* und *f* gebildet wird, wegnimmt. Die Orientirung ist pag. 193, die Veränderung in der Lage der Axen durch Erwärmen pag. 205 angeführt. G. = 2·2 bis 2·4. Reiner Gyps hat nach Kenngott G. = 2·32.

Chem. Zus.: $Ca\,SO_4 + 2\,H_2O$, entsprechend 32·5 Kalk, 46·5 Schwefelsäure Das Krystallwasser beträgt 21 Procent. Im Kölbchen gibt der G. reichlich Wasser. V. d. L. wird er trübe, blättert sich oft, schmilzt zu einem weissen Email, das alkalisch reagirt. Mit Fluorit zusammengeschmolzen, liefert er eine Perle, die in der Hitze durchsichtig, nach dem Erkalten trübe ist. In Wasser ist er schwer löslich. 1 Thl. Gyps braucht bei 21° C., also bei gewöhnlicher Temperatur, 420 Theile Wasser zur Auflösung, pag. 286. Durch eine Lösung von Soda wird er in Kalkcarbonat verwandelt, und zwar durch Kochen in Aragonit. Man kann bei Anwendung von Krystallen auf solche Weise künstliche Pseudomorphosen darstellen.

Krystalle von den Eigenschaften und der Zusammensetzung des Gypses werden leicht aus Lösungen erhalten, sowohl bei mikroskopischen Untersuchungen, pag. 225, als im grösseren Massstabe. In vielen Bergbauen finden sich neu gebildete Krystalle, die oft das Grubenholz bedecken. In den Leitungsröhren der Salinen setzen sich häufig prächtige Krystallisationen ab und verstopfen bisweilen die Leitung. Die Soole, welche in den Kammern oder Sinkwerken entsteht, hat nämlich nicht blos das Steinsalz, sondern auch Gyps aufgelöst. Die abgelassenen Kammern zeigen auch öfters an den Wänden schöne Krystalle.

Die Bildung des Gypses lässt sich öfters an der Erdoberfläche verfolgen, wo Quellen Gyps absetzen. Das Meerwasser hinterlässt in seinen Ablagerungen ausser Chlornatrium auch immer etwas Gyps. In den Salzseen setzt er sich, sobald die Lösung concentrirter wird, vor dem Steinsalz ab, pag. 289, daher die häufige Verbindung beider Minerale. Dort wo schwefelwasserstoffhaltige Wässer an der Luft mit Kalkstein, Dolomit, Mergel in Berührung kommen, bildet sich Gyps durch Einwirkung der bei der Oxydation des Schwefelwasserstoffs gebildeten Schwefelsäure, ebenso in den Solfataren. Es bildet sich öfter zugleich Schwefel (pag. 291). Wo Eisenkiese verwittern, bildet sich freie Schwefelsäure, welche sowohl Kalk als auch Silicate zu zersetzen im Stande ist und oft Gypsbildung hervorruft. Dass der Gyps öfter aus Anhydrit entsteht, und dass hier eine Rückbildung vorliegt, wurde früher bemerkt. Die Löslichkeit des G. veranlasst häufige Wanderungen. Durch Zusammentreffen von Gypslösung mit eingeschlossenen Steinsalzkrystallen erklärt sich die Pseudomorphose von Gyps nach Steinsalz, welche bei Weyer in Oesterreich, Weissenbach in Steiermark u. a. O. beobachtet wurde.

Die Arten des Gypses sind zahlreich. Mehrere derselben zeigen eine grosse Verbreitung. Die wichtigsten lassen sich in folgende Abtheilungen bringen:

Digitized by Google

Sitzende Krystalle finden sich häufig in Steinsalzlagerstätten, wie bei Wieliczka, Bochnia, Ischl, Hallstatt und in Höhlungen des Gypsgebirges, überall als Neubildung, veranlasst durch eingedrungene Wässer. Sehr bekannt sind die schönen, langsäulenförmigen, wasserhellen Krystalle von Friedrichsroda am Nordrande des Thüringerwaldes, die oft schlangenartig gebogen erscheinen, die linsenförmigen von Quedlinburg, die wasserklaren schönen von Kaaden in Böhmen, jene von Girgenti in Sicilien, Castellina in Toscana u. a. m. Auf Erzgängen kommen sowohl solche vor, welche durch die Nachbarschaft zersetzter Kiese die indirecte Bildung verrathen, als auch solche, die mit frischen Mineralen verbunden sind. Als vulkanische Bildung wurden Krystalle am Vesuv, auf Lipari etc. beobachtet.

Eingeschlossene Krystalle liegen bisweilen im körnigen Gyps, wie die schon erwähnten Zwillinge vom Montmartre bei Paris, oder im Thon, wie jene von Baden bei Wien, oder auch im Sande, von dem sie bisweilen grosse Quantitäten einschliessen, wie bei Smyrna.

Späthiger Gyps (Fraueneis, Marienglas), eine, wie es scheint, im Alterthum bisweilen für die Fenster an Bienenstöcken benutzte Art, später als Sinnbild der Reinheit und Keuschheit öfters an Heiligenbilder gehängt. Die Fundorte wie beim krystallisirten Gyps. Schön bei Wieliczka, Bex, Reinhartsbrunn, in Oberschlesien und Polen.

Strahliger Gyps ist nicht sehr häufig, Fasergyps, von Seidenglanz, bildet Trümer und Schnüre in Mergel und Thon an sehr vielen Orten. Bisweilen werden daraus grosse Perlen geschnitten.

Körniger, schuppiger, dichter Gyps tritt in mächtigen Stöcken und Lagern auf, daher der Gyps öfters unter den Gesteinsarten aufgeführt wird.

In den Salzlagerstätten ist der G. ein nie fehlender Bestandtheil, da derselbe sowie der Anhydrit mit dem Steinsalz genetisch verknüpft ist.

Selbstständige Lagerstätten von Gyps, die bedeutende Mächtigkeit erreichen, sind nicht selten. Sie zeigen öfters keine deutliche Schichtung und dann gewöhnlich Merkmale der Umbildung, des Aufberstens und der Zertrümmerung. Bisweilen sieht man grosse Höhlungen darin (Gypsschlotten), welche durch Auflösung entstanden sind. Der Einsturz derselben verursacht an der Erdoberfläche Trichter und Erdfälle.

In den Gypslagern werden manchmal kleine Mengen von Steinsalz angetroffen, wie bei Segeberg in Holstein. Es scheint daher, dass viele Gypse als Ueberreste von Salzlagerstätten anzusehen sind, gleichsam als leere Taschen, aus denen das leichter Lösliche verschwunden ist. Auch der Boracit, welcher im Gyps bei Lüneburg vorkommt, weist nach Volger auf jenen früheren Zustand hin, da in dem Salzlager von Stassfurt ebenfalls Boracit (Stassfurtit) vorkommt. Andere Einschlüsse, wie Magnesit, Dolomit, Quarz in manchem Gyps, erscheinen als Resultat der Stoffwanderung. Bergkrystalle finden sich im Gyps von Kittelsthal bei Eisenach u. a. O., Eisenkiesel bei Sant Jago di Compostella in Spanien.

Im Val Canaria in der Schweiz lagert der Gyps im Glimmerschiefer, am Semmering in Oesterreich in alten Sandsteinen und Thonschiefern, hier mit

Knollen von Anhydrit, auch mit Schwefel. Das häufigste Vorkommen beobachtet man in der Triasformation in Deutschland und in den Alpen, worin auch die meisten Steinsalzlagerstätten auftreten. Bei Sulz am Neckar in Würtemberg umrindet der Gyps Blöcke von Anhydrit. Der tertiäre Gyps des Pariser Beckens umschliesst öfters Reste von Säugethieren. Hier kommt auch der porphyrische Gyps mit den schon genannten Krystallen vor, ebenso im unteren Chamounixthal in der Schweiz. In Sicilien ist der Gyps in den schwefelführenden Mergeln häufig.

In feiner Vertheilung erscheint der G. im Sande der afrikanischen Wüsten in kleinen Körnern, hier auch zuweilen als Bindemittel von Sandstein. In der Ackerkrume ist er mindestens in geringer Menge allenthalben verbreitet. Er spielt im Stoffwechsel des Humus eine wichtige Rolle, da er die Umsetzung des Kaliumcarbonates in Kaliumsulfat veranlasst, also das Kali in die für die Pflanze geeignete Form überführt.

Der Gyps erfährt eine mannigfaltige Verwendung. Im ursprünglichen Zustande wird er zur Verbesserung des Ackerbodens benutzt, wobei er die eben angedeutete Wirkung übt. Er dient ferner als Zusatz bei der Bereitung des Porzellans und mancher Glasur. Der feinkörnige weisse Gyps wird als Alabaster zu Sculpturen benutzt. Solcher findet sich besonders schön bei Volterra in Italien. Der zum Formen bestimmte Gyps wird gemahlen und hierauf gebrannt, d. i. auf eine Temperatur von wenig über 100° gebracht, wobei er drei Viertel des Krystallwassers verliert. Die pulverige Masse zeigt ein Wallen und Blasenwerfen wie eine siedende Flüssigkeit. Durch stärkeres Erhitzen (200° oder mehr) wird der G. todt gebrannt. Er verliert dann die Fähigkeit, sich rasch wieder mit Wasser zu verbinden, verhält sich also wie Anhydrit. Der gebrannte Gyps wird mit Wasser angemacht und dient sodann als Mörtel, für Stuccaturen, Fussböden, Gypswände, zur Herstellung von Büsten, Statuen, in der Chirurgie für Gypsverbände u. s. w.

Der G. erleidet nach G. Rose nicht selten die Umwandlung in Anhydrit. Die faserigen Anhydrite von Lüneburg u. a. O. sind Beispiele dafür. Noch bekannter ist die Umwandlung in Aragonit. Die blätterige pseudomorphe Bildung wird Schaumkalk genannt. Die Verdrängung des G. durch Quarz bieten die Pseudomorphosen von Passy bei Paris. Ausserdem wurden auch Pseudomorphosen von Limonit und von Phosphorit nach G. beobachtet.

Der Syngenit (Kaluszit) bildet langgestreckte, monokline, farblose Krystalle. (110) = 106° 5′, β = 76° 9′. Chem Zus.: $K_2SO_4 . CaSO_4 . H_2O$. Mit Steinsalz bei Kalusz in Galizien.

Kieserit, *Reichardt.*

Monoklin, bei Hallstatt zuweilen in grossen, pyramidal ausgebildeten Krystallen mit (111), ($\bar{1}$11), (113), ($\bar{1}$13). Gelblich oder weiss, in der Richtung auf $\bar{1}$02 gesehen mit blaulichem Lichtschein. A. V. = 0·9147 : 1 : 7445, β = 88° 53′. (Autor i. d. Sitzber. Akad. Wien, Bd. 63, Abth. 1.) H. = 3, G. = 2·569.

Chem. Zus.: $MgSO_4 . H_2O$ mit 29 Magnesia, 58 Schwefelsäure, 13 Wasser. Erhitzt zerknistert er. Das Wasser entweicht erst bei Temperaturen über 200° C. Die Formel ist dementsprechend (MgOH) . H . SO_4 zu schreiben. An feuchter

Luft überzieht er sich mit einer trüben Kruste. Wird das Pulver mit Wasser angerührt, so erstarrt die Mischung wie Formgyps. In eine grössere Menge von Wasser gebracht, verwandelt er sich in Bittersalz. Der K. findet sich derb, feinkörnig bis dicht in grosser Menge bei Stassfurt, wo er in der oberen Region der Salzlagers in vielmals wiederholten Lagen mit Steinsalz wechselnd auftritt. Bei Hallstatt wurde derselbe in geringer Menge als körnige Masse, bei Kalusz in feiner Vertheilung beobachtet. Die Bildung des K. ist der des Anhydrits analog, da sich in den Salzseeen nicht Kieserit, sondern Bittersalz absetzt, welches erst durch Wasserverlust in K. übergehen kann.

Der K. dient zur Bereitung von Bittersalz und erfährt eine indirecte Verwendung bei der Fabrication der Kalisalze in Stassfurt.

Bittersalz (Epsomit, *Beudant*).

Krystalle werden selten gefunden. Die Formen kennt man durch die künstlichen Krystalle. Dieselben sind rhombisch, jedoch hemiëdrisch. Fig. 1 und 2. $(110) = 89°22'$, $111 : \bar{1}\bar{1}1 = 78°6'$. A. V. $= 0·9901 : 1 : 0·5709$. Farblos, durchsichtig, optisch negativ. Eine Platte, parallel 010 geschnitten, gibt die Axenbilder. Der Geschmack ist salzig-bitter.

Chem. Zus.: $MgSO_4 . 7\,H_2O$, da jedoch die letzte Molekel Wasser erst bei hohen Temperaturen entweicht, so ergibt sich die Formel: $(MgOH)\,HSO_4 + 6\,H_2O$ mit 16·3 Magnesia, 32·5 Schwefelsäure, 7·3 gebundenem und 43·9 Krystallwasser. Im Kölbchen gibt es Wasser und schmilzt. V. d. L. auf Kohle schmilzt es anfangs, verwandelt sich aber später in eine unschmelzbare Masse, die stark leuchtet und alkalich reagirt. An der trockenen Luft verstäubt das Salz, bei 150° C. verwandelt es sich in die dem Kieserit entsprechende Verbindung.

Das Bittersalz findet sich in Stalaktiten in den Gruben bei Herrengrund in Ungarn, als Ausblühung in den sibirischen Steppen, in Catalonien, in verschiedenen Bergwerken, wie bei Idria, in Gypsbrüchen, wie bei Montmartre, als Umbildung des Kieserits bei Stassfurt, Hallstatt u. s. w. In Lösung ist es in den Bitterwässern wie bei Epsom in England, Saidschitz und Püllna in Böhmen, Ofen in Ungarn und in erheblicher Menge im Meerwasser enthalten. Der medicinische Gebrauch des B. ist bekannt.

Fig. 1. Fig. 2.

Aus übersättigten Lösungen kann man monokline Krystalle von derselben Zusammensetzung wie das Bittersalz erhalten. Sie werden freilich bald trübe. Diese Thatsache gewinnt dadurch an Interesse, dass die dem Bittersalz analogen Verbindungen (Vitriole) monoklin krystallisiren.

Der Blödit wurde zuerst bei Ischl, dann im Absatz der Bittersalzseeen an der Ostseite der Wolgamündungen gefunden (Astrakanit). Die Untersuchungen des Salzes von Hallstatt (Simony) und jenes von Stassfurt ergaben monokline Form. $(110) = 105°56'$, $\beta = 79°16$, und die Zu-

Digitized by Google

sammensetzung $Na_2SO_4MgSO_4 . 4 H_2O$. Durch Erwärmen bei 100° verliert er nach den Beobachtungen des Autors Wasser bis zur Zusammensetzung des Löweits.

Der Löweit, tetragonal, gelblich bis fleischroth, bei Ischl mit Anhydrit verwachsen vorkommend, hat die chemische Zusammensetzung $2 Na_2SO_4 . 2 MgSO_4 . 5 H_2O$.

Kainit, *Zincken.*

Die zuweilen vorkommenden Krystalle sind monoklin. Ausser der herrschenden Endfläche (001) zeigen sich Pyramidenflächen (111), ($\bar{1}11$) und die Längsfläche (010). Winkel $001:111 = 35°58'$, $001:\bar{1}11 = 38°15'$, $\beta = 85°5'$. A V. = 1·2186 : 1 : 0·5863. H. = 2, G. = 2·13. Meist körnig, Farbe gelblich oder lichtgrau. Chem. Zus.: $KCl . MgSO_4 . 3 H_2O$. Erhitzt gibt der K. Wasser- und Salzsäuredämpfe, im Wasser ist er leicht löslich.

Der K. findet sich in mächtigen Schichten im Salzlager von Stassfurt bei Magdeburg und von Kalusz in Galizien. Das Salz lässt sich nicht umkrystallisiren. Die wässerige Lösung gibt beim Eindampfen das Doppelsalz $K_2SO_4 . MgSO_4 . 6 H_2O$ (Pikromerit). Dieses wurde auch von Scacchi nach dem Auflösen von Salzkrusten am Vesuv erhalten. Als Mineral wurde dasselbe noch nicht nachgewiesen. Der Kainit bietet ein gutes Material für die Fabrication von Kalisalzen.

Polyhalit, *Stromeyer.*

Noch niemals in deutlichen Krystallen gefunden. Nach der Spaltb. und dem optischen Verhalten schliesst der Aut. auf ein monoklines Krystallsystem. (Sitzber. Ak. Wien, Bd. 63, Abth. 1.) Das Mineral ist meistens faserig oder dicht, seltener stenglig-blätterig; zuweilen weiss, meist aber grau, fleischroth bis ziegelroth, öfters etwas fettglänzend. H. = 3·5. G. = 2·72 bis 2·77.

Chem. Zus.: $2 CaSO_4 . MgSO_4 . K_2SO_4 . 2 H_2O$, mit 45·2 Calciumsulfat, 19·9 Magnesiumsulfat, 28·9 Kaliumsulfat und 6 Wasser. V. d. L. schmilzt der P. leicht zur trüben Perle. Durch Wasser wird er zerlegt, indem sich Gyps abscheidet und die anderen Sulfate sich lösen. Der P. ist bisher ebensowenig wie der Kainit nachgeahmt worden.

Bei Stassfurt bildet der Polyhalit einen wesentlichen Bestandtheil der Salzlagerstätte, indem er in sehr dünnen Schichten (sowie der Anhydrit) mit dem Steinsalz wechsellagert (Polyhalitregion). In den alpinen Salzlagerstätten bei Ischl, Hallstatt, Berchtesgaden, Hallein, Aussee findet er sich zumeist in den tieferen Abtheilungen in faserigen bis stengligen Platten oder dichten Massen, stets roth gefärbt. Bei Stebnik in Galizien wurde er auch beobachtet.

Alumosulfate.

Der Aluminit, weiss, erdig, kleine Knollen im Sand und Sandstein bildend, bei Halle, Kralup, New-Haven, Auteuil, ist $Al_2SO_6 + 9 H_2O$. Verwandt ist der Felsöbanyit.

Der Keramohalit Glocker's (Haarsalz, Halotrichit zu Th.), weiss, faserig in Trümern, im Gebiete der Braunkohlenablagerungen bei Kolosoruk, im Steinkohlengebiete bei Potschappel, im vulkanischem Gestein bei Königsberg in Ungarn, auf der griechischen Insel Milo etc. $Al_2S_3O_{12} + 18 H_2O$.

Alunit, *Beudant* (Alaunstein).

In kleinen rhomboëdrischen Krystallen, $R = 90^\circ 50'$, oder körnig bis dicht, auch erdig, die Krystalle spaltbar nach der Basis. $H = 3.5 \,.\,.\, 4$, $G. = 2.6$ bis 2·8. Weiss, gelb, röthlich, grau.

Chem. Zus.: $K_2SO_4 \,.\, 3\, Al_2O_4H_4SO_4$, also einer basischen Verbindung entsprechend. V. d. L. zerknistert er heftig, mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht wird er blau, durch Salzsäure wird er nicht gelöst. Wird das geglühte Mineral mit Wasser behandelt, so geht Alaun in Lösung, während ein Thonerdehydrat zurückbleibt.

Der A. ist ein Umwandlungsproduct des Feldspathes. Er findet sich krystallisirt als Auskleidung von Hohlräumen in löcherigem Gestein, welches durch Zersetzung von Trachyten entstanden ist. Bei Tolfa nächst Civitavecchia in Italien, wo die berühmten alten Gruben liegen, lässt sich die Veränderung des Gesteins durch früher bestandene Solfatarenthätigkeit verfolgen. Bei Muszay, Bereghszasz in Ungarn wurde das löcherige Gestein früher als Mühlstein verwendet. Der Alunit ist hier mit Quarz und Feldspathresten gemengt. Auf der Insel Milo, am Mont Dore wurden ähnliche Vorkommen gefunden, im Quarzsand von Wurzen bei Leipzig aber concretionäre Bildungen. Der Alunit liefert ein geschätztes Material zur Bereitung von Alaun. Der „römische Alaun" von Tolfa wurde wegen seiner Reinheit früher allen anderen vorgezogen.

Der Löwigit Mitscherlich's von Tolfa, Muszay und aus der Steinkohle von Zabrze in Schlesien ist amorph, gelblich, durch Salzsäure auflöslich. Er enthält ausser den Bestandtheilen des Alunits noch $3\,H_2O$.

Eine interessante, aber wenig verbreitete Gruppe von Sulfaten bilden die Alaune. Dieselben liefern beim Krystallisiren aus wässeriger Lösung Oktaëder, öfters combinirt mit (110) und (100). Man hielt die Krystalle früher für holoëdrisch, doch zeigte Weber (Pogg. Ann. 109, pag. 380), dass beim Krystallisiren von Kalialaun aus einer salzsauren Lösung Pyritoëderflächen auftreten, nachdem schon Brewster nach dem Aetzen der Oktaëder mit Wasser Lichtfiguren erhalten hatte, welche der pyritoëdrischen Hemiëdrie entsprechen. (Philos. Magazine 1853.) Giesst man zur Lösung von Kalialaun Sodalösung, solange der entstandene Niederschlag sich wieder anflöst, so krystallisirt jetzt der Alaun in Würfeln heraus: Kubischer Alaun wie er von Tolfa bekannt war. In letzter Zeit haben Mallard, Klocke (Jahrb. f. Min. 1881. II 249) und andere Forscher Beobachtungen über die Doppelbrechung der Alaune angestellt, welche nach dem letzteren als eine anomale aufzufassen ist. Die Bildung der natürlich vorkommenden Alaune lässt sich durch die Wirkung vulkanischer Dämpfe oder durch das Zusammentreffen der bei der Verwitterung von Eisenkies gebildeten Schwefelsäure auf den Feldspath der Gesteine erklären. Man unterscheidet:

Kalinit (Kalialaun) $K_2SO_4 \,.\, Al_2S_3O_{12} + 24\,H_2O$, welcher als Ausblühung auf Laven und als Neubildung bei der Verwitterung schwefelkieshaltiger Thonschiefer (Alaunschiefer) beobachtet wurde, Mendozit (Natronalaun) $Na_2SO_4 \,.\, Al_2S_3O_{12} + 24\,H_2O$, als faseriges Aggregat bei Mendoza und auf Milo gefunden, Tschermigit (Ammoniakalaun) $(NH_4)_2SO_4 \,.\, Al_2S_3O_{12} + 24\,H_2O$, bei Tschermig nächst Kaaden in Böhmen, stenglige Trümer in Braunkohle bildend, auch bei Tokod in Ungarn, im Krater des Aetna u. s. w. gefunden.

Man kennt noch einige andere Alumosulfate, welche bisweilen in wenig richtiger Weise als Alaune bezeichnet werden, auch nicht tesseral sind: Pickeringit $MgSO_4 \,.\, Al_2S_3O_{12} + 22\,H_2O$, Apjohnit, welcher die entsprechende Manganverbindung zu sein scheint, den zwischen beiden liegenden Bosjemanit und den Halotrichit Klaproth's (Federalaun, Hversalt). $FeSO_4 \,.\, Al_2S_3O_{12} + 22\,H_2O$.

Digitized by Google

Ferrisulfate. In Wasser nur theilweise oder gar nicht auflöslich.

Der Coquimbit Breithaupt's ist ein anscheinend hexagonal krystallisirtes neutrales Ferrisulfat, $Fe_2S_3O_{12} + 9H_2O$, weiss, gelblich, bräunlich, blaulich, von Copiapo in der Provinz Coquimbo, Chile. Der Stypticit, Fibroferrit von ebendaher, von gelblicher Farbe, haben ungefähr die Zusammensetzung $Fe_2H_4S_2O_{11} + 8H_2O$, während der rhombische Coplapit Haidinger's, von gelber Farbe, beide vorige Sulfate enthält: $Fe_4H_4S_5O_{23} + 16H_2O$. Wohl dasselbe sind Misy, Ihleit, verwandt der Tekticit, Pissophan, Glockerit, Apatelit. Viele dieser Sulfate sind durch Oxydation von Eisenvitriol gebildet.

Doppelsalze sind: der Jarosit (Gelbeisenerz), rhomboëdrisch, gelb, braun. Nach König $K_2SO_4 . 3Fe_2O_4H_4SO_4$, analog dem Alunit, mit diesem isomorph. Barranco Jaroso in der Sierra Almagrera in Spanien, Schwarzenberg und Hauptmannsgrün in Sachsen etc. Der gelbe Urusit Frenzel's ist verwandt, aber natronhaltig.

Der Botryogen und Römerit, beide monoklin, hyacinthroth, enthalten Sulfate beider Eisenoxyde,

der Voltait, schwarzgrün, tetragonal, in oktaëderähnlichen Krystallen, ausserdem auch Kalisulfat. Letzterer wurde in der Solfatara bei Neapel, bei Kremnitz, Goslar u. a. O. gefunden.

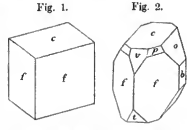
Der rhomboëdrische Bendantit von Horhausen enthält ausser Eisenoxyd und Bleioxyd Schwefelsäure und Wasser, auch Arsensäure, der von Dernbach und Cork aber Phosphorsäure. Der dichte, gelbe oder braune Diadochit von Saalfeld, Nutschitz, Freienstein etc. ist ein Gemenge von Eisensulfat und Eisenphosphat.

Anhangsweise ist hier der monokline, grasgrüne Johannit von Joachimsthal, Johanngeorgenstadt, zu erwähnen, welcher wesentlich wasserhaltiges Uransulfat ist.

Vitriole.

Eine Reihe analoger, im Wasser leicht löslicher Metallsulfate mit Krystallwasser. Da die letzte Molekel Wasser erst bei hohen Temperaturen entweicht, so sind die Vitriole dem Bittersalz (MgOH) $H . SO_4 + 6H_2O$ entsprechend aufzufassen.

Melanterit (Eisenvitriol), monoklin, die Form nur von den künstlichen Krystallen her bekannt. Diese zeigen oft nur $c = (001)$, $f = (110)$, Fig. 1. Da $110 : 1\bar{1}0 = 97°48'$ und $110 : 00\bar{1} = 99°23'$ ist, so konnte Hauy bei unvollkommener Messung zu einer rhomboëdrischen Grundform kommen. Gewöhnlich treten auch $b = (010)$, $p = (111)$, $v = (101)$, $t = (10\bar{1})$, $o = (011)$ auf. Fig. 2. Spaltb. nach c vollk., nach f unvollk. H. = 2. Geschmack zusammenziehend. Farbe grün, A. E. parallel b. Durch c sieht man eine optische Axe. — Chem. Zus.: $FeSO_4 + 7H_2O$ oder analog den übrigen Vitriolen (FeOH) $H . SO_4 + 6H_2O$. Schmilzt in seinem Krystallwasser, hinterlässt eine weisse Masse, die, v. d. L. geglüht, rothes Eisenoxyd liefert.



Der M. findet sich als Verwitterungsproduct von Eisenkies, Markasit, Kupferkies, in Stalaktiten und Ueberzügen bei Goslar am Harz, Bodenmais in Baiern, Schemnitz in Ungarn etc. Der grüne Vitriol, Melanteria bei Dioskorides, wird bei Plinius als Atramentum sutorium angeführt, da er von den Schustern zur Schwärzung des Leders benutzt wurde. Für technische Zwecke, wie in der Färberei, Druckerei etc., dient jetzt nur der künstlich dargestellte Vitriol.

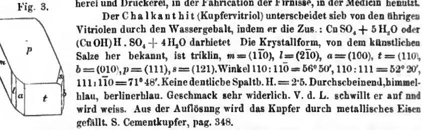
Der Tauriscit Volger's von der Windgälle ist rhombisch, dem Bittersalz ähnlich, wonach die Substanz des Melanterits, wie jene des Bittersalzes dimorph wäre. (Isodimorphie.) Auch bei den folgenden scheint diese stattzufinden.

Mit dem Melanterit isomorph ist der **Bieberit** (Kobaltvitriol) von analoger Zusammensetzung. Der **Morenosit** (Nickelvitriol) ist noch nicht krystallisirt gefunden, der **Mallardit** (Manganvitriol) ist, wie es scheint, monoklin.

Der **Goslarit** (Zinkvitriol), rhombisch, isomorph mit Bittersalz, aber ohne deutlich hervortretende Hemiëdrie, H. = 2 . . 2·5. Optisch wie Bittersalz. Farblos, weiss, graulich. Geschmack widerlich und zusammenziehend.

$ZnSO_4 + 7H_2O$ oder $(ZnOH)HSO_4 + 6H_2O$. Schmilzt in seinem Krystallwasser, gibt auf Kohle Zinkbeschlag. Als Verwitterungsproduct der Blende in Stalaktiten und Krusten bei Goslar, Schemnitz, Fahlun. Das künstlich dargestellte Salz wird in der Färberei und Druckerei, in der Fabrication der Firnisse, in der Medicin benutzt.

Fig. 3.



Der **Chalkanthit** (Kupfervitriol) unterscheidet sich von den übrigen Vitriolen durch den Wassergehalt, indem er die Zus.: $CuSO_4 + 5H_2O$ oder $(CuOH)H . SO_4 + 4H_2O$ darbietet. Die Krystallform, von dem künstlichen Salze her bekannt, ist triklin, $m = (1\bar{1}0)$, $l = (2\bar{1}0)$, $a = (100)$, $t = (110)$, $b = (010)$, $p = (111)$, $s = (121)$. Winkel $110 : 1\bar{1}0 = 56° 50'$, $110 : 111 = 52° 20'$, $111 : 1\bar{1}0 = 71° 48'$. Keine deutliche Spaltb. H. = 2·5. Durchscheinend, himmelblau, berlinerblau. Geschmack sehr widerlich. V. d. L. schwillt er auf und wird weiss. Aus der Auflösung wird das Kupfer durch metallisches Eisen gefällt. S. Cementkupfer, pag. 348.

Der Ch. findet sich als Verwitterungsproduct von Kupferkiesen in Stalaktiten, als Ueberzug und Beschlag in den Gruben bei Goslar, Herrengrund, Moldawa etc. Bei Dioskorides und Plinius wird der blaue Vitriol als Chalkanthum angeführt. Das künstlich erhaltene Salz findet Anwendung in der Galvanoplastik, Färberei, Druckerei, Papierfabrication.

Ausser den einfachen Vitriolen gibt es auch Mischungen. **Pisanit** ist ein kupferreicher Eisenvitriol, **Cupromagnesit** ein Magnesia-Kupfersulfat von Eisenvitriolform, **Fauserit** ein rhombischer, magnesiahaltiger Manganvitriol.

Basische Kupfer- und Bleisulfate.

Brochantit, smaragdgrün bis schwärzlichgrün, rhombisch in kleinen Krystallen oder feinstenglig. H. = 3·5 . . 4. G. = 3·78 bis 3·9 Chem. Zus.: $(CuOH)_2SO_4 + 2CuH_2O_2$. Nischne Tagilsk, Rezbanya, Nassau, Chile. Der grünlichblaue rhombische **Langit** aus Cornwall enthält ausserdem H_2O. Aehnlich ist der **Waringtonit**.

Lettsomit (Kupfersammterz) bildet schöne, sammtartige, smalteblaue Ueberzüge, deren Individuen nach Bertrand rhombisch sind. Er ist ein basisches Kupfer-Thonerdesulfat. Alt-Moldawa im Banat, La Garonne im Depart. Var. Aehnlich ist der **Woodwardit** aus Cornwall.

Herrengrundit (Urvölgyit) von Herrengrund in Ungarn, erscheint in dunkelgrünen Täfelchen, die basisches Kupfersulfat und auch Kalk enthalten.

Der lasurblaue, monokline **Linarit** hat H. = 2·5 . . 3, G. = 5·3 bis 5·45 und beiläufig die Zus.: $(PbOH)(CuOH)SO_4$. Linares in Spanien, Leadhills in Schottland, Rezbanya, Nassau, Lölling, Nertschinsk.

Der rhombische **Caledonit** von spangrüner oder berggrüner Farbe ist nach Flight auch eine derlei basische Verbindung.

Der monokline **Leadhillit** (Maxit), monoklin, von gelblichweisser bis grünlicher oder bräunlicher Farbe, ist nach Laspeyres und Hintze ein zum Theil basisches Bleisulfat mit Carbonat. Aehnlich ist der rhomboëdrische **Susannit**.

Im Anhange sind noch von Selenaten und Telluraten anzuführen:

Kerstenit (Selenbleispath) von Friedrichsglück und Eisfeld. **Montanit** $Bi_2TeO_6 + 2H_2O$, ein erdiges Verwitterungsproduct des Tetradymits von Montana in Nordcarolina, der **Magnolit** Hg_2TeO_4, Oxydationsproduct des Coloradoits.

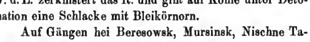
2. Ordnung: Chromate.

Rothbleierz, *Werner* (Krokoit, *Breithaupt*).

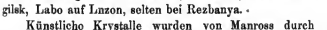
Ein wenig verbreitetes Mineral, jedoch wegen der ungewöhnlichen Zusammensetzung interessant. Monokline Krystalle, die eine Mannigfaltigkeit der Formen darbieten. Häufig sind $m = (110)$, $f = (120)$, $a = (100)$, $t = (111)$, $l = (40\bar{1})$, Winkel $(110) = 86°18'$, $111 : 1\bar{1}1 = 60°18'$, $\beta = 77°27'$.

Fig. 1. Fig. 2.

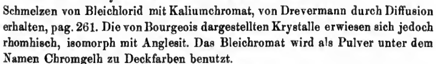
Spaltb. nach 110 ziemlich deutlich, mild. H. = 2·5 . . 3. Diamantglanz, hyacinthrothe Farbe, orangegelber Strich. G. = 5·9 bis 6.



Chem. Zns.: $PbCrO_4$ mit 69 Bleioxyd, 31 Chromsäure. V. d. L. zerknistert das R. und gibt auf Kohle unter Detonation eine Schlacke mit Bleikörnern.



Auf Gängen bei Beresowsk, Mursinsk, Nischne Tagilsk, Labo auf Luzon, selten bei Rezbanya.



Künstliche Krystalle wurden von Manross durch Schmelzen von Bleichlorid mit Kaliumchromat, von Drevermann durch Diffusion erhalten, pag. 261. Die von Bourgeois dargestellten Krystalle erwiesen sich jedoch rhombisch, isomorph mit Anglesit. Das Bleichromat wird als Pulver unter dem Namen Chromgelb zu Deckfarben benutzt.

Der Phönicit (Melanochroit) von Beresowsk ist $Pb_3Cr_2O_9$, der monokline Vauquelinit von ebendaher $Pb_2CuCr_2O_9$. Diesem sehr ähnlich ist der Laxmannit. Im Natronsalpeter von Tarapaca soll nach Raimondi die gelbe Farbe von Kaliumchromat (Tarapacait) K_2CrO_4 herrühren.

3. Ordnung: Tungsteine.

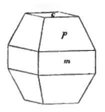
Molybdate und Wolframate von hohem spec. Gewichte (6 bis 7·5).

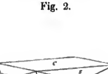
Wulfenit, *Haidinger* (Gelbbleierz, Molybdänbleispath).

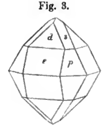
Tetragonale Krystalle von pyramidaler oder tafelförmiger Gestalt, isomorph mit Stolzit und Scheelit und wie diese pyramidal-hemiëdrisch. Gewöhnliche Formen sind $c = (001)$, $s = (113)$, $p = (111)$, $m = (110)$, $d = (203)$, $e = (101)$,



Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.







$r = (210)$. An pyramidalen Krystallen verräth sich die Hemiëdrie zuweilen durch Ausbleiben der abwechselnden Flächen achtseitiger Prismen. Winkel $(111) = 48°17'$, $111 : 1\bar{1}1 = 80°22'$, $(101) = 64°44'$. A. V. = 1 : 1·5777. Spalth. nach (111) deutlich, nach (001) undeutlich. H. = 3. Fettglanz, Diamantglanz. Selten farb-

los und durchsichtig, meist gelblichgrau, wachsgelb, honiggelb, orangegelb, morgenroth gefärbt. Optisch negativ. G. = 6·3 bis 6·9.

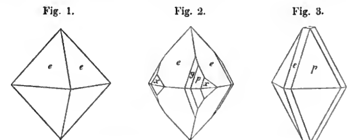
Chem. Zus.: $Pb\,MO_4$, entsprechend 61·4 Bleioxyd und 38·6 Molybdänsäure. In einigen Arten wurden kleine Mengen von Chromsäure oder Vanadinsäure nachgewiesen, in anderen erhebliche Mengen von Kalk, was eine isomorphe Beimischung von Calciummolybdat anzeigt. V. d. L. zerknistert der W. heftig, schmilzt auf Kohle, zieht sich in dieselbe unter Hinterlassung von Bleikörnern. Die Boraxperle ist gelb, im Reductionsfeuer wird sie schwarz, die Phosphorsalzperle aber ist dunkelgrün. Das Pulver des W. gibt mit concentrirter Schwefelsäure eine blaue Lösung, durch Salzsäure wird es unter Hinterlassung von weissem Chlorblei zersetzt. Die künstliche Darstellung von Krystallen, sowohl dieser als der folgenden Verbindungen, gelang nach der pag. 260 angeführten Methode.

Der Wulfenit findet sich als Begleitung von Bleiglanzlagerstätten bei Bleiberg in Kärnten, bei Přibram, Rezbanya, in einzelnen sitzenden Krystallen und in schönen Drusen, ferner bei Badenweiler, Zacatecas in Mexico, Phönixville in Pennsylvania. Bei Schwarzenbach in Kärnten wurden auch schwebend gebildete Krystalle auf Spalten in Thon gefunden, von der Grube Tecoma in Utah werden prächtige Drusen dünntafeliger Krystalle gebracht. Die secundäre Bildungsweise gibt sich an den Pseudomorphosen nach Bleiglanz in Badenweiler, Berggiesshübl zu erkennen. (Ueb. d. Formen: Koch, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 6, pag. 389.)

Der **Stolzit** (Scheelbleierz, Wolframbleierz) ist mit vorigem isomorph und zeigt spitzpyramidale oder kurze, säulenförmige Krystalle mit $m = (110)$, $o = (221)$, $c = (001)$. A. V. = 1 : 1·567. Die pyramidale Hemiëdrie oft deutlich. Grau, braun, grün, roth. $PbWO_4$. Schmilzt leicht zu krystallinischem Korn. Die Phosphorsalzperle wird im Reductionsfeuer blau. Zinnwald, Coquimbo, Southampton in Mass.

Scheelit, *Leonhard* (Schwerstein, Tungstein).

Tetragonal, mit den vorigen isomorph. Die Krystalle sind meistens pyramidal, selten tafelartig ausgebildet, sitzen einzeln oder in Drusen, selten finden sie sich eingeschlossen. $p = (111)$, $c = (001)$, $e = (101)$. Die Formen $g = \pi(313)$



und $x = \pi(131)$ sind öfters ausgebildet, ebenso eine Riefung auf den Flächen e, welche den Kanten ex parallel ist. Dann ist die pyramidale Hemiëdrie sehr deutlich. Winkel $(111) = 49°27'$, $(101) = 66°8'$, $111 : 1\bar{1}1 = 79°56'$. A. V. =

1 : 1·537. Bisweilen finden sich Ergänzungszwillinge, welche schon durch die Riefung auf *e* kenntlich sind. Spaltb. nach *e* deutlich, weniger nach *p* und *c*. H. = 4·5 . . 5. Fettglanz, in den Diamantglanz übergehend. Farblos, weiss, häufig auch grau, braun, gelb, roth, selten grün gefärbt. Optisch positiv, das schwarze Kreuz öffnet sich nicht selten, wie bei Mineralen mit kleinem Axenwinkel. G. = 5.9 bis 6.2.

Chem. Zus.: $CaWO_4$, entsprechend 19·5 Kalk, 80·5 Wolframsäure, Kieselerde, Eisen wurden in kleinen Mengen gefunden. V. d. L. schmilzt der Sch. schwer zu durchscheinendem Glase, die Phosphorsalzperle ist nach dem Glühen im Reductionsfeuer grün oder gelb, nach dem Erkalten aber blau. Durch Salzsäure wird der Sch. unter Hinterlassung von gelber Wolframsäure zersetzt. Die Lösung wird, mit Zinn erwärmt, blau.

Der Scheelit ist in den alten krystallinischen Felsarten Granit und Gneiss zu Hause, und hier gewöhnlich von Zinnerz, Topas, Fluorit, Apatit, Wolfram, Quarz begleitet.

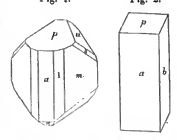
Kleinere braune Krystalle finden sich auf Quarz bei Zinnwald, grössere weisse Krystalle und derbe Stücke bei Schlackenwald, schöne grosse bei Ehrenfriedersdorf und Fürstenberg in Sachsen mit Fluorit und Kalkspath; eine Seltenheit sind die prächtigen Krystalle, welche im Untersulzbach mit Epidot und Titanit gefunden wurden. Bei Neudorf am Harz hat man kleine gelbe Pyramiden mit Wolframit und Eisenspath, bei Traversella grössere braune Krystalle, bei Framont in Lothringen schöne Zwillinge angetroffen. Auf den Zinnerzgruben von Monroe in Connecticut kommt Sch. in grösserer Menge vor, daher derselbe zur Darstellung von Wolframsäure benutzt wird. Pseudomorphosen von Scheelit nach Wolframit sind an mehreren der genannten Fundorte beobachtet worden. (Ueber d. Formen: M. Bauer in den Würtemberg. naturw. Jahresheften 1871.)

Wolframit, *Breithaupt* (Wolfram).

Die dicken, schwarzen Krystalle, welche das Zinnerz begleiten, waren schon Henckel und Agricola bekannt. Sie galten bald als ein Eisenerz, bald als ein Manganerz bis zur Entdeckung der Wolframsäure durch Scheele. Von Hauy und G. Rose wurden sie für rhombisch gehalten, von Descloizeaux als monoklin bestimmt.

a = (100), *l* = (210), *m* = (110), *p* = (102), *n* = (10$\bar{2}$), *u* = (011), *s* = (121), *o* = (111). Zwillinge nach *a*, ferner solche nach einem Prisma (023) kommen zuweilen vor. Winkel (110) = 79° 23′, 100 : 102 = 61° 51′, 100 : 10$\bar{2}$ = 62° 54′, 011 : 102 = 47° 55′, β = 89° 22′.

Fig. 1. Fig. 2.



Spaltb. nach 010 sehr vollk., nach 100 unvollk. H. = 5 . . 5·5. Diamantglanz, auf Spaltflächen in den Metallglanz geneigt, Fettglanz. Farbe bräunlichschwarz, Strich röthlichbraun, schwärzlichbraun. Undurchsichtig, manche Arten liefern

Digitized by Google

aber dünne durchsichtige Blättchen, an welchen die schiefe Auslöschung auf 010 erkennbar wird. G. = 7·1 bis 7·5.

Chem. Zus. einer isomorphen Mischung $FeWO_4$ und $MnWO_4$ entsprechend, in einigen Arten mit geringen Mengen von Niobsäure oder Tantalsäure. V. d. L. auf Kohle schmilzt der W. bei starkem Feuer zur magnetischen Kugel mit krystallinischer Oberfläche, das Pulver wird, mit concentrirter Schwefelsäure erwärmt, blau, durch Salzsäure wird es in der Wärme bei Zutritt der Luft zersetzt und hinterlässt einen gelblichen, in Ammon zum grössten Theile löslichen Rückstand.

Das Vorkommen ist sehr ähnlich dem des Scheelits. Kurze, dicke Krystalle finden sich bei Zinnwald, Schlackenwald, Ehrenfriedersdorf. Sie sind in der Prismenzone *mm* stark gerieft und oft sehr auffallend strahlig zusammengesetzt. Hier und bei Neudorf am Harz sieht man auch strahlig blätterige Aggregate, bei Chanteloube dünntafelige Krystalle, bei Nertschinsk solche von rhombischem Ansehen mit Beryll. In jüngeren Gesteinen ist der W. selten. Hierher gehören die nadelförmigen Krystalle aus dem Trachyt von Felsöbánya, Fig. 2. Das Endglied der isomorphen Mischungsreihe, der Hübnerit, $MnWO_4$, schwarz, mit rother Farbe durchsichtig, wurde im Mammothdistricte in Nevada, Bajewka bei Katharinenburg, auch bei Schlackenwald gefunden.

Das reine Eisenwolframat, der Reinit soll tetragonale Form zeigen, auch der Ferberit ist ein Eisenwolframat.

VIII. Classe: Halite.

Von ἅλς Salz. Sie sind Chlor-, Brom-, Jod- oder Fluorverbindungen leichter oder schwerer Metalle und als solche durch einfache Versuche erkennbar. Sie zeigen Glasglanz bis Diamantglanz, meist helle Farben und geringe Härtegrade.

I. Ordnung: Kerate.

Chlor-, Brom- und Jodverbindungen schwerer Metalle, sammt einigen intermediären, die auch Sauerstoff, respective Kohlensäure enthalten. Diejenigen, welche sich durch Milde auszeichnen, wurden schon von Mohs wegen der Aehnlichkeit mit Horn (κέρας) unter jenem Namen zusammengefasst. Minerale von geringer Verbreitung.

Molysit (Eisenchlorid), Fe_2Cl_6, in gelben bis braunrothen Ueberzügen und Imprägnationen als Fumarolenbildung auf und in Laven am Vesuv.

Kremersit, rubinrothe Oktaëder $2KCl . 2NH_4Cl . Fe_2Cl_6 . 3H_2O$, daselbst.

Cotunnit (Chlorblei), $PbCl_2$, in kleinen, weissen oder gelblichen, rhombischen Krystallen, daselbst.

Matlockit, Pb_2Cl_2O, in gelben, tafelförmigen tetragonalen Krystallen. A. V. = 1 : 1·763, auf Bleiglanz mit Cerussit und Fluorit bei Matlock in Derbyshire, Mendipit, $Pb_3Cl_2O_2$, in gelblichen oder röthlichen, rhombischen Krystallen an den Mendiphügeln in Somersetshire, Brilon in Westphalen.

Phosgenit (Kerasin, Hornblei), $Pb_2Cl_2CO_3$, in tetragonalen, durchsichtigen, schönen Krystallen vom A. V. = 1 : 1·0876, farblos, bei Monte Poni und Gibbas auf Sardinien, gelblich, grünlich bei Matlock, in trüben Krystallen zumeist in Cerussit verwandelt bei Tarnowitz. Der

Schwartzembergit aus Atacama, früher Jodblei genannt, enthält ausser diesem auch Chlorblei und Bleioxyd.

Kalomel (Quecksilberhornerz), HgCl, Quecksilberchlorür, in gelblichen oder graulichen tetragonalen Krystallen. A V. = 1 : 1·723. Ist mild, sublimirt im Kölbchen und gibt beim Erhitzen mit Soda Quecksilber. Almaden in Spanien, El Doctor in Mexico, Moschellandsberg in Rheinbaiern, Horowitz in Böhmen, Idria in Krain. Der Coccinit (Jodquecksilber) aus Mexico ist noch nicht genauer bekannt, ebenso der chlorwismuthaltige Daubréit aus Bolivia.

Der Nantokit aus Chile, spaltbar, farblos, ist CuCl, Kupferchlorür.

Atacamit (Salzkupfererz), rhombisch, meist nur die Combination zweier Prismen und der Längsfläche darbietend. (110) = 66°57′, (011) = 73°50′. Spalth. nach (010) vollk. Lauchgrün, grasgrün bis schwärzlichgrün. Strich apfelgrün. H. = 3..3·5, G. = 3·76. Zus.: $Cu_2ClH_3O_3$. Färbt die Flamme blaugrün, ist durch Säuren und durch Ammon auflöslich. Grosse prächtige Krystalle kommen von Burra-Burra in Australien, Drusen kleinerer Krystalle und derbe Stücke von der Algodonbai in Bolivia, von Remolinos, Copiapo in Chile. An Stufen von Bogoslowsk wurde die Pseudomorphose von Malachit nach Atacamit beobachtet. Dem Autor gelang die Nachahmung derselben, vergl. pag. 299. Dem A. verwandt sind der Percylit und Tallingit. Beide sind blau.

Kerargyrit (Hornsilber, Silberhornerz, Chlorsilber). Tesserale Krystalle, meist Würfel oder Krusten und eingesprengte Massen. Geschmeidig. H. = 1..1·5. Grau, bläulich, grünlich. Nach v. Lasaulx durch Druck pleochroitisch. AgCl. Leicht schmelzbar, durch Säure nicht, durch Ammon allmälig auflöslich. Als Umwandlungsproduct von silberhaltigen Lampriten in den oberen Horizonten der Erzgänge bei Freiberg, Kongsberg, am Schlangenberg im Altai, in Nevada, Idaho. In den grössten Mengen in Peru, Chile, Mexico.

Isomorph mit dem vorigen, aber von gelber oder grüner Farbe sind die Mischungen von AgCl mit AgBr aus Mexico und Chile, die als Bromit (Bromargyrit), Embolit (Chlorbromsilber), Megabromit, Mikrobromit bezeichnet wurden. Jodhaltig ist der Jodobromit von Dernbach in Nassau, während der Jodit (Jodargyrit) AgJ von ebendaher, ferner von Zacatecas in Mexico, Chanarcillo in Chile, hexagonal krystallisirt.

2. Ordnung: Halate.

Chloride (Bromide, Jodide) leichter Metalle. Sie haben Glasglanz, geringe Härte, höchstens H. = 2, sind farblos oder zufällig gefärbt.

Steinsalz (Kochsalz).

Der Name Salz, ursprünglich blos für dieses Mineral gebraucht, hat allmälig eine andere Bedeutung gewonnen, daher für das Mineral eine zusammengesetzte Bezeichnung nöthig wurde. Wegen des Gebrauches als Genussmittel gehört es zu den bekanntesten Körpern.

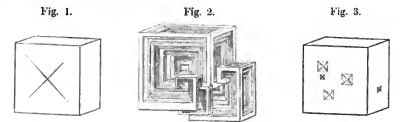
Die Krystalle sind tesseral und stellen fast immer nur Würfel dar; selten sieht man andere Formen wie (111) oder (210), oft aber grosse Individuen von zufälliger Begrenzung, welche die sehr vollk. Spaltb. nach dem Würfel erkennen lassen und sich zur Ermittlung der physikalischen Eigenschaften vortrefflich eignen. Die Schlagfigur auf der Spaltfläche gibt zwei diagonale Trennungen, Fig. 1, welche Flächen (110) parallel sind. H. = 2. Die Aetzfigur erscheint als treppenartige Vertiefung, Fig. 3. Die Lichtbrechung ist nicht sehr stark, n = 1·5442 für Natriumflamme, die Diathermanie ist grösser als bei jedem anderen Körper (pag. 202). Das Steinsalz hat Glasglanz und ist im reinen Zustande farblos, wasserhell. G. = 2·1 bis 2·2.

Digitized by Google

Chem. Zus.: $NaCl$, entsprechend 39·3 Natrium und 60·7 Chlor. Leicht schmelzbar, die Flamme gelb färbend, im starken Feuer verdampfend. Im Wasser leicht löslich, 1 Theil in 2·8 Theilen Wasser, und zwar im warmen wie im kalten Wasser ungefähr gleich. An feuchter Luft nur allmälig zerfliessend.

Künstliche Krystalle von geschlossener Form und grösseren Dimensionen sind bei raschem Abdampfen der Lösung nicht zu erhalten. In diesem Falle bilden sich an der Oberfläche der Flüssigkeit Krystallskelette in der Form von vierseitigen Schüsselchen, welche, von oben betrachtet, wie die Vorderseite des Krystalls in Fig. 2 aussehen. In den Sudpfannen der Salinen wird das Kochsalz in solchen Skeletten abgesetzt. Bei sehr langsamem Verdunsten erhält man klare Würfel, aus unreinen Lösungen auch Oktaëder. Durch Sublimation kann man auch Krystalle darstellen, wie solche auch zufällig bei Hüttenprocessen entstehen.

Dass Chlornatrium bei niederen Temperaturen mit Krystallwasser anschiesst, wurde schon pag. 245 angeführt.


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Krystallisirtes Steinsalz findet sich öfters farblos oder weiss, in Drusen an solchen Stellen, wo durch Eindringen von Wasser in Salzlagerstätten ein Umkrystallisiren veranlasst wurde. Zuweilen erscheinen Ausblühungen mit haarförmigen Individuen (Haarsalz). Oefters werden Ueberzüge und Stalaktiten gefunden. Eingeschlossene Krystalle finden sich bisweilen in Thon, auch im Schlamme der Salzseen. Als vulkanisches Product erscheint Steinsalz, durch Sublimation gebildet, in Formen rascher Bildung, Fig. 2, auf Lava am Vesuv. Hier und an anderen Vulkanen bedeckt es öfters nach Eruptionen den oberen Theil des Aschenkegels, der nun wie beschneit aussieht, aber schon beim nächsten Regen den Schmuck verliert. Das vulkanische Salz enthält nach Bischof öfters ziemlich viel KCl.

Körniges Steinsalz bildet die Hauptmasse der Salzlagerstätten. Die sehr grobkörnigen Stellen darin sind Ergebnisse der Umbildung wie die Krystalle. Die Körner enthalten oft negative Krystalle von Würfelform, erfüllt mit Mutterlauge oder gasförmigen Einschlüssen. Beim Auflösen entweichen letztere bisweilen mit knackendem Geräusch (Knistersalz, pag. 107). Das körnige Steinsalz ist oft grau oder grün gefärbt wie bei Wieliczka, oder gelb, roth, braun wie in den alpinen Salzlagern. Blaues Steinsalz ist selten. Man sieht entweder das blaue Pigment wolkenartig in farbloser Masse vertheilt wie bei Hallstatt, Wieliczka, oder blaue Steinsalzkörner im Sylvin eingesprengt wie bei Kalusz, Stassfurt. Die Färbung verschwindet beim Erhitzen oder Auflösen des Salzes.

Digitized by Google

Oft ist das Steinsalz sichtlich gemengt mit Thon, Anhydrit, Bitumen, oder die feinen Beimengungen von Gyps, Chlormagnesium, Chlorkalium etc. sind chemisch erkennbar. Blätteriges und faseriges S. kommt auch bisweilen vor.

In den Lagerstätten erscheint das S. in bestimmter Paragenese mit Anhydrit, Polyhalit, Kieserit, Carnallit, Gyps etc. Das Muster für alle übrigen ist die Lagerstätte von Stassfurt bei Magdeburg, welche F. Bischof in anziehender Weise beschrieb. In derselben sind nur sehr wenige grobkörnige Umbildungsproducte zu bemerken, sie scheint also im ursprünglichen Zustande erhalten zu sein. Die Minerale folgen im Allgemeinen nach ihrer Löslichkeit aufeinander. Der unterste, älteste Theil besteht aus abwechselnden Schichten von Steinsalz, diese etwa von Handbreite, und von Anhydrit, letztere etwa von Papierdünne (Anhydritregion). Darauf folgen in gleicher Weise abwechselnde Schichten von Steinsalz und Polyhalit (Polyhalitregion). Weiter aufwärts findet sich eine Ablagerung von Steinsalz mit Schichten von Kieserit, worin das Steinsalz noch überwiegt (Kieseritregion), und den Schluss bilden Schichten, in denen das Steinsalz zurücktritt und der Carnallit herrscht (Carnallitregion). Die beiden unteren Regionen bilden das eigentliche Steinsalzlager, die Kieserit- und Carnallitregion hingegen die obere Etage der zerfliesslichen Salze oder Abraumsalze, so genannt, weil man die Minerale dieser Etage abräumen musste, bevor man zum reinen Steinsalz gelangte. Die Lagerstätte bei Wieliczka und Bochnia in Galizien ist durch den alten Bergbau von riesigen Dimensionen berühmt. Hier zeigen sich noch deutliche Spuren der Schichtung, aber auch viele grobkörnige Massen (Grünsalz). Auffallend ist das nicht seltene Vorkommen verschiedener Ueberreste von Meeresthieren. Abraumsalze fehlen ganz. Bei Kalusz in Galizien bietet die Lagerstätte ein Gemenge von Steinsalz mit Thon und Gyps dar, ferner einige linsenförmige Ablagerungen von Kainit und Sylvin, die Stellvertreter der Abraumsalze. Siebenbürgen ist reich an Salzlagern, die oft schön geschichtet und steil gefaltet sind. Die alpinen Lagerstätten bei Ischl, Aussee, Hallstatt, Berchtesgaden, Hallein und jene bei Hall in Tirol, Bex in der Schweiz sind durch grosse Unregelmässigkeit schwer verständlich. Man hat Gemenge von Salz mit Thon, Gyps, Anhydrit, auch Polyhalit (Haselgebirge), und an vielen Stellen grobkörnige Minerale. Blos bei Hallstatt fand sich auch Kieserit. (Posepny, Jahrb. d. geol. Reichsanst. Bd. 20, pag. 347, von Mojsisovics ebend. Bd. 19, pag. 128.) Bekannte Lagerstätten sind ferner jene bei Friedrichshall in Württemberg, Vic in Lothringen, Northwich in England. Bei Cardona in Catalonien ist die Salzmasse blossgelegt und ragt als gletscherähnlicher Fels von 180 Metern Höhe empor. Unter den Lagern Asiens ist die Salzkette im Norden des Pendschab merkwürdig. Die Mayogruben liefern ausser Steinsalz auch Silvin und Kieserit, den Abraumsalzen entsprechend.

Der Stassfurter Bergbau hat am meisten dazu beigetragen, die Bildung der Steinsalzlager aufzuklären. Früher war schon aus den Versuchen von Usiglio bekannt, dass das Meerwasser beim Eindampfen zuerst eine kleine Menge von Gyps, hierauf Steinsalz liefert und zuletzt die Magnesia- und Kalisalze zum Absatze kommen. Dem entspricht im Grossen die Aufeinanderfolge der Salze bei



Stassfurt. Der Wechsel von Steinsalz- und Anhydritschichten der unteren Region wird durch die Vorgänge in den Salzseen, namentlich im Eltonsee, der jährlich zuerst eine dünne Schichte von Gyps, nachher eine dickere von Steinsalz absetzt, (pag. 289), ins Licht gestellt. Jede Salzschichte gleicht einem Jahresring unserer Bäume. Der Gyps verwandelt sich nach den Versuchen von Rose, Hoppe-Seyler bei Gegenwart von Steinsalz leicht in Anhydrit (pag. 535). Die Salzschichten der Lagerstätten sind freilich dicker als jene im Eltonsee, auch sind sie deutlicher krystallinisch. Es ist aber anzunehmen, dass die Körnchen durch die auflagernde Salzlauge später allmälig vergrössert wurden. Daraus erklärt sich auch das überall beobachtete Aufstauchen und Falten der Salzschichten.

Man kennt auch Salzseen in Persien, welche nicht mehr Steinsalz, sondern Carnallit absetzen. Liebig hat schon gezeigt, dass man aus Meerwasser beim Eindampfen Carnallit erhalten könne. Die Etage der Abraumsalze ist demnach von dem völligen Eintrocknen des Salzsees abzuleiten. Da Kieserit und Carnallit leicht durch Wasser zerstört werden, so ist zu vermuthen, dass die obere Etage vieler Salzlagerstätten verschwunden oder umgewandelt worden sei (letzteres bei Kalusz, Mayo).

Ablagerungen wie jene bei Wieliczka deuten durch die vorkommenden Thierreste auf einen directen Einfluss von Meerwasser. Sie werden von Lagunenseen warmer Klimate abgeleitet, welche zur Flutzeit immer wieder mit Meerwasser versorgt wurden. (Lit. pag. 290.)

Das S. ist in den Steppen am Caspisee, in manchen Wüsten Afrikas, in Chile als Ausblühung des Bodens verbreitet. In den Gesteinen ist es in unmerklicher Weise als Imprägnation fein vertheilt und wird von hier durch die Quellen zu Tage geführt. In Lösung erscheint das S. in grösserer Menge im Meerwasser und in den Soolquellen, in geringerer in allen übrigen Wässern. An extensiver Verbreitung wird es nur vom Wasser übertroffen.

Wo das S. stark verunreinigt ist, wie in den alpinen Salzlagerstätten, werden in die hier angelegten Sinkwerke Wässer geleitet und wird die nach längerer Zeit entstandene Soole in den Sudhäusern auf Kochsalz verarbeitet. Aus den Soolquellen wird auch jetzt noch, wenn solche weit von Salzlagern entfernt sind, Kochsalz durch Abdampfen gewonnen. An den Meeresküsten wärmerer Klimate überlässt man das Abdampfen der Sonnenwärme und gewinnt in flachen Bassins, den Salzgärten, grosse Mengen von Seesalz. Die zuletzt bleibende, an Magnesia- und Kalisalzen reiche Lauge wird meist ins Meer zurückgelassen.

Das S. ist eines der nützlichsten Minerale. Die Verwendung zum Würzen der Speisen, zum Conserviren von Fleisch und Fischen, als Viehsalz, als Düngemittel umfasst nur einen Theil des Verbrauches, während der andere Theil zumeist bei der Fabrication von Soda, Seife, Glas verarbeitet wird. Bei der Darstellung von Glasuren, bei mancher metallurgischen Operation und in mehreren Industrien wird ebenfalls Steinsalz gebraucht.

Digitized by Google

Sylvin, *Beudant*.

Früher nur als Beimischung des vulkanischen Steinsalzes erkannt, seither in Salzlagerstätten in grosser Menge angetroffen. Bildet Würfel, öfters in Combination mit dem Oktaëder, oder körnige Massen. Bei Kalusz lassen sich aus diesen Krystalle mit verschiedenen tesseralen Formen herauslesen. Der S. ist dem Steinsalz in Form, Spaltb. und H. gleich, ebenso in der Diathermanie und Schmelzbarkeit sehr ähnlich. Die Lichtbrechung ist schwächer ($n = 1·490$ für Gelb und gewöhnliche Temp.) und gegen Wärme sehr empfindlich. Geschmack bitterlich-salzig. G. = 1·9 bis 2.

Chem. Zus. Chlorkalium KCl entsprechend 52·4 Kalium, 47·6 Chlor. Färbt die Flamme violett. Wird zur Darstellung von Kalisalzen gebraucht. Bei Stassfurt öfters röthlich gefärbt, bei Kalusz oft mit Körnern von blauem Steinsalz verbunden. Die grosskörnige Beschaffenheit und das Vorkommen sprechen dafür, dass der S. aus Carnallit entstanden ist. (Aut. Sitzber. Ak. Wien, Bd. 63, Abth. I. April 1871.)

Salmiak.

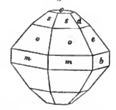
Tesseral, gewöhnlich (111) oder (311) und oft stark verzerrte Gestalten zeigend. An künstlichen Krystallen erkannte der Autor eine früher noch nicht beobachtete Hemiëdrie: gyroidale H. (Tschermak's Min. u. petr. Mitth., Bd. 4, pag. 531). Spaltb. undeutlich, H. = 1·5. Mild und zähe, farblos oder gefärbt. Geschmack stechend salzig. G. = 1·5 bis 1·6.

Chem Zus.: Chlorammonium NH_4Cl entsprechend 26·2 Stickstoff, 7·5 Wasserstoff, 66·3 Chlor. In der Hitze flüchtig. Sublimirt im Kölbchen. Mit Soda erhitzt, verbreitet es Ammoniakgeruch. Leicht in Wasser löslich. Kommt krystallisirt in drusigen Ueberzügen auf Klüften und Spalten an Vulkanen vor, z. B. am Vesuv, Aetna; die Krusten sind öfters durch Eisenchlorid gelb oder braun gefärbt. Auch als Erzeugnis von Kohlenbränden, z. B. bei Hainichen in Sachsen.

Carnallit, *H. Rose*.

Im Stassfurter Bergbaue bilden sich zuweilen an Stellen, wo etwas Wasser eindringt, rhombische Krystalle. $m = (110)$, $o = (111)$, $s = (223)$, $e = (021)$, $d = (043)$, $b = (010)$, Winkel $(110) = 61° 23'$, $(111) = 72° 40'$. Die Combinationen sind hexagonalen Formen ähnlich. Im ursprünglichen Zustande bildet der C. immer grobkörnige Aggregate. Die Körner enthalten öfters zarte Blättchen von Eisenglimmer in paralleler Stellung, wodurch ein metallartiger Schiller entsteht, Kryställchen von Anhydrit und Quarz, auch von Pyrit sind oft beigemengt. H. = 1. Geschmack bitter.

Fig. 1.



Chem. Zus.: $KCl . MgCl_2 . 6H_2O$ mit 26·8 Chlorkalium, 34·2 Chlormagnesium, 39 Wasser. Leicht schmelzbar, sehr leicht löslich in Wasser, an der Luft zerfliessend. Durch allmäligen Zutritt von Wasser bildet sich krystallisirter Sylvin, während die Lauge von Chlormagnesium abläuft.

Bei Stassfurt und bei Kalusz als Bestandtheil der Salzlagerstätte. Wird zur Darstellung von Kalisalzen gebraucht. Die Kali-Industrie Stassfurts beruht hauptsächlich auf diesem Minerale.

Bischofit (Chlormagnesium), $MgCl_2 . 6H_2O$, farblos, findet sich in der Carnallitregion von Leopoldshall bei Stassfurt. Tachhydrit, $CaCl_2 . 2MgCl_2 . 12H_2O$, gelblich, rhomboëdrisch, bei Stassfurt. Beide zerfliessen rasch an der Luft.

3. Ordnung: Fluoride.

Fluorverbindungen, meist von leichten Metallen.

Fluorit oder **Flussspath** (Liparit, Chlorophan).

Durch das häufige Vorkommen auf Erzgängen, wo das Mineral oft schönfarbige Drusen bildet, waren die „Fluores“ den Bergleuten längst aufgefallen. Die „Flussspathsäure“ wurde darin von Scheele 1771 entdeckt, obwohl schon 1650 Schwanhard in München wusste, dass man mit Fluorit und Schwefelsäure Glas ätzen könne.

Die Krystalle sind tesseral, meist (100), aber auch zuweilen (111) und (110), seltener andere Formen, wie (421) oder (331), in selbstständiger Ausbildung. In Combinationen treten sowohl derlei Flächen als auch viele andere auf, nämlich Tetrakishexaëder wie (310), Ikositetraëder wie (211) und mehrere Hexakisoktaëder.

Die Penetrationszwillinge Fig. 5, nach dem Gesetze: Zwillingsaxe senkrecht auf 111 kommen oft vor. Verzerrte Gestalten sind nicht selten, ebenso Krystallstöcke, welche aus vielen Würfelchen aufgebaut erscheinen und Umrisse des Oktaëders darbieten. Die Flächen zeigen oft feine treppenartige Zeichnungen, besonders auf den Flächen der Zwillinge dort, wo ein Eck des zweiten Krystalls hervordringt. Auch Vertiefungen, welche den vierseitigen Aetzfiguren entsprechen, sind oft ausgebildet. Letztere werden von Flächen (311) begrenzt.

Spaltb. nach (111) vollk. H. = 4. Lichtbrechung schwächer als beim Steinsalz, $n = 1{\cdot}435$. Man bemerkt aber oft Spuren einer Doppelbrechung. Glasglanz, oft etwas fettartig: feuchter Glasglanz. Der F. ist farblos, wasserhell, oft aber schön gefärbt, in verschiedenen gelben, grünen, blauen, violetten und rothen Farben, dann auch weiss und grau. Oefter zeigen sich verschiedene Farben am selben Krystall, indem die Ecken anders gefärbt sind oder farbige Schichten, endlich die Erscheinungen der Kernkrystalle hervortreten. Das Pigment ist nach Wyrouboff meist ein Kohlenwasserstoff; auch in dem Stinkfluss von Wölsendorf, der beim Kratzen wie Chlorkalk riecht und in den Verdacht eines Ozongehaltes gekommen ist, scheint ein solcher Gast vorhanden zu sein. Beim Erhitzen phosphoresciren die meisten Fluorite. Sie verlieren dabei etwas Substanz und zugleich die Farbe. G. = 3·1 bis 3·2.

Chem. Zus.: CaF_2, entsprechend 51·3 Calcium, 48·7 Fluor. V. d. L. zerknistert er oft stark und schmilzt nur in dünnen Splittern etwas an. Legt man ein Stückchen Gyps daneben, so schmelzen beide zur klaren Perle zusammen, welche beim Erkalten trübe wird. Wenn das Pulver mit Phosphorsalz im Glasrohr erhitzt wird, so bildet sich Flusssäure, welche das Glas angreift. Schwefel-

säure zersetzt den F. unter Entweichen von Flusssäure vollständig, andere Säuren wirken wenig. Künstliche Krystalle erhielt Senarmont durch Erhitzen des Fluorcalciumniederschlages in verdünnter Salzsäure im geschlossenen Glasrohre.

Der Flnorit ist ein ansgezeichnetes G a n g m i n e r a l. Als Begleiter der Zinnerzgänge findet er sich in Sachsen, Böhmen, Cornwall. Die Krystalle sind oft dunkelblau bis schwarz, nicht selten mit Pyrit oder Kupferkies bedeckt. Auf den silbererzhaltigen Gängen bei Freiberg, Marienberg, Annaberg, wo Baryt als häufiger Begleiter vorkommt, sieht man oft weingelbe oder honiggelbe Krystalle, prächtige klare bei Kongsberg. Von den Bleiglanzgängen in Derbyshire werden

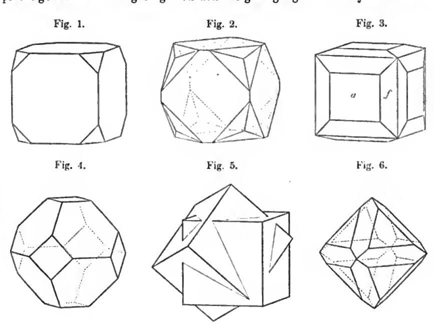


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.
Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

schöne grüne, aus Cumberland jene violblauen gebracht, welche fluoresciren (pag. 200). Oefters kommt der F. für sich auf Gängen und Klüften vor, wofür die schönen blauen Würfel von Gams in Steiermark, die im Kalkstein sitzen, ein Beispiel darbieten oder die grossen rosenrothen Krystalle in den krystallinischen Schiefern am Gotthard. Gänge, die ganz mit körnigem Fluorit erfüllt sind, kennt man bei Liebenstein im Thüringerwald, hier bis 13 Meter mächtig im Granit nnd Gneiss, bei Wölsendorf in Baiern, wo der schwarzblaue Stinkfluss gangförmig den Granit durchsetzt, bei Stolberg am Harz, wo Gänge von grünem Fluorit mit zelligem Quarz in altem Thonschiefer auftreten u. s. w. Als vulkanische Bildung beobachtete Scacchi dichten Fluorit im Tuff Campaniens bei Tiano in Verbindung mit Glimmer und Nocerin.

Der Fluorit wurde früher oft als Flussmittel bei metallurgischen Processen verwendet. In England werden schön gefärbte körnige oder stenglige Fluorite zu Vasen, Leuchtern und Nippsachen verarbeitet. Nach Thiersch wären auch

Digitized by Google

die Vasa murrina der alten Römer aus diesem Mineral angefertigt worden. Die Verwendung zur Darstellung der Flusssäure und zum Glasätzen nimmt gegenwärtig zu.

Der Sellait Strüver's, MgF_2, krystallisirt tetragonal. Montiers in Savoyen im Anhydrit. Der Nocerin Scacchi's von Tiano soll ein Magnesium-Calciumfluorid sein.

Ziemlich mannigfaltig sind die Fluoraluminiumverbindungen:

Kryolith, wegen der Aehnlichkeit mit Eis (κρύος, Frost) so genannt. Monoklin $m = (110)$, $p = (111)$, $c = (001)$, $r = (011)$, $v = (101)$, $k = (10\bar{1})$. Winkel $(110) = 88° 3'$, $\beta = 89° 49'$. Spaltb. (110) und (001).

Fig. 1.

Farblos, weiss, graulich, gelblich, röthlich. H. = 2·5 .. 3. G. = 2·95 bis 2·97. — Chem. Zus.: $6NaF . Al_2F_6$. Sehr leicht schmelzbar, nach dem Erhitzen eine weisse Kruste hinterlassend, welche, mit Kobaltsolution geglüht, blau wird. Verhalten gegen Säuren wie beim Fluorit. Das Mineral kommt in mehreren Lagern in einem zinnerzführenden Gneiss bei Evigtok in Südgrönland vor. Es ist oft mit Eisenspath, Quarz, Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz gemengt. Wird zur Darstellung von Alaun und von Flusssäure verwendet. Bei Miask am Ural wurde auch ein Vorkommen beobachtet.

Chiolith, tetragonal. $10NaF . 3Al_2F_6$. Miask.

Pachnolith (Thomsenolith), monoklin. $2NaF . 2CaF_2 . Al_2F_6 . 2H_2O$. Mit Kryolith bei Evigtok und Pikes Peak.

Fluellit, rhombisch. $Al_2F_6 . 2H_2O$. Zur selben Gruppe gehören auch Prosopit, Gearksutit, Ralstonit.

Der Arksutit und Hagemannit scheinen Gemenge zu sein. Ueber die Kryolithgruppe: Groth, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 7, p. 375, 457. Cross u. Hillebrand, Americ. J. Bd. 26, p. 267.

Der Hieratit Cossa's, $2KF . SiF_4$, von Vulcano würde eine neue Gruppe von Fluoriden eröffnen.

Seltene Fluorverbindungen sind auch der Fluocerit, Hydrofluocerit, Parisit, Hamartit.

IX. Classe: Anthracide.

Von ἄνθραξ, Kohle. Sie sind Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff oder beider mit Sauerstoff, endlich auch von letzteren abgeleitete Verbindungen. Alle hierher gehörigen Minerale sind fähig, sich mit Sauerstoff zu verbinden, zu verbrennen. Die Classification ist eine unvollkommene, da die Anthracide meistens amorphe Gemenge mehrerer chemischer Verbindungen und nur selten homogene krystallisirte Körper sind. Die Charakterisirung und Abgrenzung der Gattungen kann demnach meist nur eine beiläufige sein.

I. Ordnung: Carbonsalze.

Einige wenige salzartige Verbindungen leichter Metalle, abgeleitet von C-, H-, O-haltigen Säuren. Erhitzt verkohlen sie ohne deutlich zu brennen.

Mellit (Honigstein). Tetragonale Krystalle, einzeln und in Gruppen, (111), öfters auch (110) und (001) zeigend. Winkel $(111) = 86° 55'$. Honiggelb, wachsgelb, fettglänzend, optisch negativ, jedoch im polarisirten Lichte oft aus mehreren optisch zweiaxig erscheinenden Theilen zusammengesetzt. H. = 2 .. 2·5. G. = 1·57 bis 1·64. Chem Zus.: Mellitsaure Thonerde mit Krystallwasser, $Al_2C_{12}O_{12} + 18H_2O$, abgeleitet von der Säure $H_2C_4O_4$. An der Luft erhitzt, hinterlässt der Mellit einen weissen Körper, nämlich Al_2O_3. Er findet sich in Braunkohle bei Artern in Thüringen, Luschitz in Böhmen, in Steinkohle bei Tula in Russland etc.

Digitized by Google

Oxalit, ockergelb, strohgelb, faserig oder dicht, ist oxalsaures Eisenoxydul $2 FeC_2O_4 + 3 H_2O$. In Braunkohle bei Kolosoruk in Böhmen, Grossalmerode in Hessen. Oxalsaurer Kalk: Whewellit, wurde auch als Mineral beobachtet.

2. Ordnung: Harze.

Verbindungen von C, H, O, welche amorph erscheinen, meist hellere Farben zeigen, erhitzt schmelzen und mit Flamme brennen.

Bernstein (Succinit).

Schon im Alterthum bekannt und wegen der Eigenschaft, gerieben leichte Körper anzuziehen, für merkwürdig gehalten. Bei den Griechen als ἤλεκτρον, bei Plinius als succinum bezeichnet. Der deutsche Name von börnen (brennen). Der B. ist ein fossiles Harz, welches von ausgestorbenen Nadelholzbäumen (Pinites succinifer Goeppert's und mehreren anderen) herstammt. Wie an unseren Baumharzen, sieht man auch am B. rundliche, geflossene oder getropfte Formen, oft auch Einschlüsse von Ameisen, Mücken, Käfern etc. Durchsichtig, honiggelb bis hyacinthroth und braun oder trübe, weisslich, oft beides am selben Stücke mit geflammter Zeichnung. Aus Sicilien kommen Exemplare mit blauer Fluorescenzfarbe. Wie die Harze überhaupt, zeigt auch der B. stellenweise Doppelbrechung. Mit der Hand gerieben, wird er negativ elektrisch, bei stärkerem Reiben und beim Erwärmen entwickelt er einen angenehmen Geruch. H. = 2 .. 2·5. G. = 1 bis 1·1, daher sinkt er im gewöhnlichen Wasser, schwimmt aber oft im Meerwasser.

Chem. Zus. schwankend, nach Schrötter ungefähr 79 Percent Kohlenstoff, 10·5 Wasserstoff, 10·5 Sauerstoff, was dem Verhältnis $C_{10}H_{16}O$ entspricht. Der Hauptbestandtheil des Gemenges ist ein in Alkohol und Aether unlösliches Harz, ausserdem wurden aber einige lösliche Harze, etwas Bernsteinsäure und ätherisches Oel gefunden. Bei ungefähr 287° schmilzt der B., er brennt mit heller Flamme und angenehmem Geruche, daher die frühere Verwendung der minderwerthigen Stücke zu Räucherwerk.

Der B. kommt an der Küste der Ostsee, namentlich an jener westlich von Königsberg vor, wo er während der rauhen Jahreszeit oft von den Wogen aus dem Sande gespült wird. Die Bernsteinfischer sammeln ihn mit Netzen ein. Auch tiefer im Lande, in Preussen, Curland, Livland, ferner an der Nordseeküste wird er im Sand und Thon angetroffen. Plinius kannte die Herkunft aus dem Lande der Gothen schon genau. Am Flusse Simeto bei Catania, in Spanien, bei Lemberg in Galizien hat man kleine Quantitäten gefunden. Manche Angaben sind unsicher, da öfters andere Harze für B. gehalten wurden.

Der Bernstein wird zu Pfeifen- und Cigarrenspitzen, zu Perlen, Knöpfen, zu anderen Schmuckgegenständen und Nippsachen verarbeitet, auch zur Darstellung eines Firnisses gebraucht. Das Tragen der Bernsteinperlen hat aber sehr abgenommen. Man versteht es gegenwärtig schon, Bruchstücke durch Zusammenschweissen zu vereinigen.

Dem B. ähnlich sind der Enosmit und der Copalin. Als Retinit bezeichnet man mehrere gelbe bis braune Harze, die meist in Braunkohle, oft auch in Thon und Mergel angetroffen

Digitized by Google

werden. In der Elementarzusammensetzung sind sie dem Bernstein ähnlich, an Alkohol geben sie nur wenig Lösliches ab. Hierher gehören: Walchowit, Ambrit, Krantzit, Janlingit, Rosthornit, Siegburgit. Schwefelhaltig bis zu 6 Percent sind der Tasmanit, welcher grösstentheils aus den Sporenkapseln fossiler Farne zusammengesetzt ist, und der Trinkerit. Durch kohlige Beimengung tief braun bis schwarz gefärbt sind der Piauzit, Pyroretin. Abweichend von diesen verhält sich der bräunlichschwarze Dopplerit aus Torflagern bei Aussee, Berchtesgaden, Gonten etc. Derselbe ist im frischen Zustand geschmeidig und elastisch wie Kautschuk, wird aber durch Trocknen an der Luft hart, worauf er in kleine Stücke zerspringt. Er enthält Ca als wesentlichen Bestandtheil und ist nach Demel aus Kalksalzen, die sich von Humussäuren ableiten, zusammengesetzt. Die Formel ist ungefähr $C_{24}H_{22}Ca\,O_{12}$.

3. Ordnung: Kohlen.

Gemenge von amorpher Kohle und harzartigen, auch bituminösen Körpern, öfters noch Holzfasern enthaltend, wesentlich aus C, H, O bestehend. Die Kohlen sind Umwandlungsproducte von Pflanzenresten.

Torf

nennt man die Aggregate verfilzter Pflanzentheile, welche bald locker, bald compact erscheinen, gelbe, braune bis schwarze Farbe zeigen und sehr junge Bildungen sind. Sie setzen sich aus den abgestorbenen Theilen solcher Pflanzen zusammen, welche an sumpfigen Stellen in sehr grosser Zahl von Individuen vorkommen und stark wuchern, wie die Sumpfmoose, Riedgräser, Heiden etc.

Die chem. Zus. ist von jener der Holzfaser nicht sehr verschieden. In manchen Torflagern finden sich auch Baumstämme, thierische Reste, ferner Minerale, wie Gyps, Pyrit, Markasit, Vivianit, zuweilen auch Producte menschlicher Thätigkeit, wie Gefässe, Werkzeuge, Waffen etc. In manchem Torf sind die Pflanzentheile schon unkenntlich: Specktorf. Nicht selten ist der Torf schlammig. Dieser wird bei der Gewinnung gepresst und geformt.

Die Torfablagerungen erstrecken sich über grössere Flächen in Niederungen und auf den Plattformen mancher Gebirge. In Deutschland sind 4·6 Percent der Oberfläche, in Irland 10 Percent mit Torf bedeckt. In Nordamerika gibt es auch viele Torfgebiete. An manchen Meeresküsten, z. B. an der Nordsee, bildet sich durch Anhäufungen von Tangen sogenannter Meertorf.

Der T. ist ein nützliches Brennmaterial und für manche Länder, wie Holland, so wichtig wie die Steinkohle für England. Lit.: Senft, die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen. Leipzig 1872. Hausding, die industrielle Torfgewinnung und Torfverwerthung. Berlin 1876. Derselbe, die Torfwirthschaft Süddeutschlands und Oesterreichs. Ebendas. 1878.

Braunkohle (Lignit).

Die Kohle der jüngeren Schichtgesteine, häufig mit noch deutlich erkennbaren Pflanzenresten. Die Textur ist dicht, erdig oder holzartig, die Farbe holzbraun bis pechschwarz, der Strich braun. G. = 1·2 bis 1·4.

Die chem. Zus. weicht von jener der Holzfaser darin ab, dass der Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt erheblich geringer sind. Die B. verbrennt leicht mit

Digitized by Google

nnangenehmem Gernche. Mit Kalilauge erwärmt, gibt sie an diese 2 bis 75 Percent Lösliches ab, wodurch die Lauge braun gefärht wird. Bei der trockenen Destillation liefert die Braunkohle wie der Torf nebst anderen Producten auch Essigsäure.

Die B. ist besonders im norddeutschen Flachlande verbreitet, wo sie oft unmittelbar an der Oberfläche liegt, so dass sie durch Taghau gewonnen werden kann. Besonders reich ist ferner das nördliche Böhmen in der Gegend zwischen Eger und Teplitz. Auch in den Alpenländern, endlich in Ungarn und Siehenhürgen hat man reiche Lager in Angriff genommen.

Man unterscheidet die muschelig hrechende B. öfters als Pechkohle, da sie einen glänzenden Bruch zeigt. Durch Basalteruptionen ist sie bisweilen in eine stenglige Masse verwandelt, wie am Meissner in Hessen. Schon im Alterthnm hat man eine dichte B. gekannt, welche sich drechseln nnd poliren lässt, nnd in neuerer Zeit hat sich hei Whitby in England u. a. O. eino kleine Industrie entwickelt, welche aus einer solchen Kohle die unter dem Namen Jet (Jayet) bekannten Waaren, wie Knöpfe, Rosenkränze, Halsketten, Armhänder erzeugt. Die letzteren werden meist als Trauerschmuck getragen. Von dem unechten Jet, welcher ans Hartgummi gemacht wird, unterscheidet sich jener durch das geringere Gewicht.

Die holzige B. lässt noch deutliche Fasern erkennen, auch finden sich öfter Stämme, Aeste, Wurzeln von hituminösem Holze. Der Bast, die Tannenzapfen zeigen ihre Formen deutlich. In der Gruhe Bleibtren im Siebengebirge hat man aufrechte Baumstämme sammt Wurzeln gefunden. Eine holzige zerreibliche Kohle aus der Gegend von Köln wird er als kölnische Umhra in den Handel gehracht.

Die Moorkohle hat ebenen Bruch und enthält viel Feuchtigkeit, daher sie an trockener Luft ein Zerbersten zeigt. Zuweilen ist sie auch schlammig und lässt sich formen wie der schlammige Torf. An der Lnft getrocknet, wird sie zu erdiger Braunkohle. Die Blätterkohle ist dünngeschichtet, mit hiegsamen, oft lederartigen Schichten, häufig durch viel Thon verunreinigt. Bei sehr dünnen Schichten hat man die Papierkohle. Manche B. enthält ausser Thon auch fein vertheilte Eisenkiese, daher sie bei der Verwitterung Thonerdesulfat liefert, also znr Alaunbereitnng dienen kann (Alaunerde).

Die B. ist ein vielbenutztes Brennmaterial, dessen Anwendung durch zweckmässige Feuerungsanlagen in letzter Zeit immer allgemeiner wurde. Gegenwärtig wird auch aus mancher B. Leuchtgas und Heizgas, ferner durch trockene Destillation Paraffin, Solaröl (dentsches Petroleum), Carholsäure u. dgl. erzengt. Zur Farhenhereitung ist der Braunkohlentheer selten geeignet.

Die Production Deutschlands betrug im Jahre 1876 üher 222 Millionen Centner im Werthe von 38·4 Millionen Mark. Lit.: Zincken, die Physiographie der B. Halle 1876, Ergänzung 1871.

Schwarzkohle (Steinkohle).

Dicht, bisweilen schiefrig oder faserig, oft in bankförmigen Massen mit Querabsonderung. Glasglanz oder Fettglanz, Farbe schwärzlichbrann, pechschwarz,

sammtschwarz, Strich bräunlich- oder graulichschwarz. H. = 2 . . 2·5. G. = 1·2 bis 1·5. Die vegetabilische Textur ist selten mit freiem Auge wahrzunehmen, wohl aber u. d. M. nach zweckmässigem Präpariren zu erkennen, z. B. nach dem Bleichen mit einer Mischung von chlorsaurem Kali und Salpetersäure und nachherigem Abwaschen mit absolutem Alkohol. Die Zus. aus Pflanzenresten lässt sich hierauf mit Sicherheit nachweisen. (Zirkel, die mik. Besch. d. Min. und Gesteine, 1873. Gümbel, Sitzungsber. der bair. Akad. 1883, pag. 111.) Die chem. Zus. weicht von jener der Braunkohlo durch geringeren Gehalt an H und O ab, der Kohlenstoff beträgt öfters 80 bis 90 Percent. Die S. verbrennt leicht mit starker Flamme und nicht unangenehmem Geruch, sie färbt die Kalilauge nicht braun. Nach dem Verhalten beim Erhitzen unterscheidet man fette (bitumenreiche) Kohlen, welche auch schon am Glanz erkannt werden, und unter diesen die Backkohlen, welche für die Bereitung von Cokes geeignet sind, ferner magere Kohlen, welche bitumenarm sind, nicht backen, aber oft zusammensintern: Sinterkohle.

Die S. ist in den älteren sedimentären Bildungen vieler Länder verbreitet und bildet oft Lager, die sich im Gestein viele Quadratmeilen weit erstrecken: Kohlenfelder. Zuweilen zeigen sich wiederholte Flötze oder aber nur Schmitze und Nester. Der grösste Kohlenreichthum ist England zugefallen, welches namentlich bei Newcastle ein ungemein ergiebiges Kohlenfeld besitzt. In Schottland lagern bei Pairley viele Flötze. In Deutschland ist das oberschlesische und das niederschlesische Kohlenfeld, ferner sind jene von Chemnitz und Zwickau, von Dortmund, Saarbrücken hervorzuheben. An letzteres schliesst sich in Belgien jenes von Lüttich. In Frankreich herrscht die grösste Entwicklung bei St. Etienne und bei Creuzot. In Oesterreich sind die Reviere kleiner, z. B. jene von Schatzlar, Ostrau, welche die schlesischen Gebiete fortsetzen, jene von Mies, Rossitz. Fünfkirchen, Steierdorf. Russland besitzt grosse Kohlenlager am Don etc. Ungemein reich ist auch Nordamerika, welches in dem Appalachischen Kohlenfelde in Pennsylvanien, in den Kohlenfeldern von Illinois, Michigan und von Neu-Schottland riesige Vorräthe besitzt.

Die Gesammtproduction der Erde wird von Neumann-Spallart für 1876 mit ungefähr 287 Millionen Tonnen à 20 Centner angegeben. Davon sind Gross-Britannien mit 136, Deutschland mit 49·6, die Vereinigten Staaten mit 48, Frankreich mit 17, Belgien mit 14·3, Oesterreich-Ungarn mit 13·3 Millionen Tonnen betheiligt.

Man unterscheidet Glanzkohle, muschelig brechend, sammtschwarz, spröde. Pechkohle, grossmuschelig, pechschwarz, wenig spröde. Cannelkohle, im Bruche etwas matt, mit lohender Flamme wie eine Kerze (candle) brennend. Diese ist politurfähig, daher aus derlei Kohlen, besonders aus den schottischen, Dosen, Tintenfässer, Leuchter, Knöpfe etc. fabricirt werden. Die Faserkohle ist schon etwas abfärbend, grauschwarz.

Als Schieferkohle bezeichnet man die deutlich geschichtete, welche oft einen Wechsel von Glanzkohle und Faserkohle darbietet, als Grobkohle solche mit verworrener Lagerung, als Blätterkohle jede S. mit dünnplattiger Absonderung. Bogheadkohlo hat man eine in manchen Steinkohlen-

Digitized by Google

ablagerungen vorkommende dunkelbraune Masse genannt, welche weich und schneidbar, leicht entzündlich ist und ungemein viel Gas liefert. Der Sauerstoffgehalt ist gering, wie beim Asphalt. Viele S. enthalten Pyrit, auch Eisenspath als Beimengung, häufig auch Thon.

Die S. dient als werthvolles Feuerungsmaterial, da sie fast dreimal so viel leistet als Buchenholzkohle. Für die Eisenbereitung in Hochöfen wird die S. durch Erhitzen in Cokes verwandelt, welche die Eigenschaften des Anthracits haben, also einen grösseren Brennwerth besitzen, ausserdem frei von Pyrit sind. Durch trockene Destillation gewinnt man aus der S. einerseits Leuchtgas und Theer, andererseits Cokes. Aus dem Theer werden flüssige Kohlenwasserstoffe, wie Benzol, Toluol, feste Kohlenwasserstoffe, wie Naphthalin, Anthracen, ferner Carbolsäure gewonnen, welche wieder zur Bereitung der Theerfarben oder Anilinfarben dienen. Lit.: Geinitz, Fleck und Hartig, die Steinkohlen Deutschlands und anderer Länder Europas, München 1865. Mietzsch, Geologie der Kohlenlager, Leipzig 1875. Pechar, Kohle und Eisen in allen Ländern der Erde, Stuttgart 1878.

Anthracit (Kohlenblende).

Eisenschwarze oder graulichschwarze Masse von muscheligem Bruche. Oefters stenglig abgesondert oder auch erdig, abfärbend. Spröde. H. = 2 .. 2·5. Glasglanz, nicht selten metallartig, bunt angelaufen. Sowohl in den mikroskopischen Präparaten als in der Asche wurden die Formen von Pflanzenzellen beobachtet. G. = 1·4 bis 1·7.

Chem. Zus. von jener der Steinkohle durch den höheren Gehalt an Kohlenstoff unterschieden. Der letztere beträgt über 90 Percent. Wasserstoff und Sauerstoff sind in geringer Menge vorhanden. Der A. verbrennt schwer mit schwacher Flamme, ohne vorher zu backen. Färbt Kalilauge nicht.

Der Anthracit findet sich in den ältesten sedimentären Gesteinen, auch in krystallinischen Schiefern, und zwar in Lagern, Linsen, Schmitzen, Nestern, auch eingesprengt. Er tritt entweder selbstständig auf oder ist der Steinkohle beigemengt, in welche derselbe übergeht. Der erdige abfärbende A. wird öfter für Graphit gehalten. Schönen grossmuscheligen A. kennt man von Rhode Island und aus Pennsylvanien, graphitähnlichen aus Steiermark und Mähren. Zahlreiche Lager finden sich in den französischen und piemontesischen Alpen. Der A. dient zur Feuerung bei heftigem Luftzuge, wie die Cokes, der erdige A. auch zum Schwärzen und Anstreichen.

Alle Mineralkohlen sind nach den bisher gepflogenen mikroskopischen Untersuchungen als umgewandelte Pflanzenreste zu betrachten. Der Gang der Umwandlung ist im Allgemeinen dieser, dass bei Wasserbedeckung in Folge einer Art von Gährung (Tappeiner, Ber. der deutschen chem. Ges. 1883, pag. 1734, 1744) ein Theil des Wasserstoffes und Sauerstoffes der Holzfaser sich zu Wasser vereinigen, während ein Theil des Kohlenstoffes mit jenen sich zu Kohlensäure und zu Sumpfgas verbindet, dies alles in der Weise, dass der Gehalt an Wasserstoff und Sauerstoff beständig abnimmt, während der relative Kohlenstoffgehalt vom

Torf bis zum Anthracit beständig zunimmt. Dies zeigt folgende Uebersicht der durchschnittlichen Zusammensetzung:

	C	H	O	N
Holzfaser	50	6	43	1
Torf	59	6	33	2
Braunkohle	69	5·5	25	0·8
Sckwarzkohle	82	5	13	0·8
Anthracit	95	2·5	2·5	—

4. Ordnung: Bitums.

Starre bis flüssige Kohlenwasserstoffe, bisweilen gemengt mit harzartigen oder kohligen Verbindungen. Die starren sind zuweilen krystallisirt. Alle brennen ungemein leicht mit russendor Flamme.

Asphalt (Erdpech, Judenpech).

Pechschwarze Masse von muscheligem Bruche, mild, H. = 2. Fettglänzend. Riecht bituminös, besonders beim Reiben und Erwärmen. G. = 1·1 bis 1·2. Schmilzt bei ungefähr 100°, entzündet sich leicht. In Steinöl löst sich der A. oft vollständig, in Aether bisweilen unter Hinterlassung eines Rückstandes, welcher wieder in Terpentinöl löslich ist. Dieses Verhalten zeigt schon, dass der A. ein Gemenge mehrerer Verbindungen ist, und zwar hat man darans pechähnliche Kohlenwasserstoffe, harzartige Verbindungen und Erdöl erhalten. Der Kohlenstoffgehalt beträgt 75 bis 88 Percent. Der klebrige A. ist reich an Erdöl und bildet den Uebergang zum Bergtheer.

Den Asphalt kannte man schon in alter Zeit, besonders das Vorkommen am todten Meere in Judäa, wo er an der Oberfläche schwimmend und am Ufer angetroffen wird. Auf der Insel Trinidad an der Küste Südamerikas findet sich ein runder Pechsee von 2 Kilom. Durchmesser, den man bei kühlem Wetter überschreiten kann. Gewöhnlich bildet der A. Lager wie bei Avlona in Albanien oder gangartige Trümer wie bei Bentheim in Hannover, öfters auch Füllnngen von Septarien und Geoden, endlich Imprägnationen von Sandstein, Kalkstein, Mergel: Bituminöse Kalksteine und Schiefer.

Zur Asphaltpflasterung dient ein Gemenge von A. mit Kalksteinpulver oder besser zerkleinerter bituminöser Kalkstein. Der A. wird ausserdem so wie Theer zum Kalfatern der Schiffe, zu Dachpappe, zu Firnissen und Kitten benutzt. Bekannte Vorkommen sind jene im Val Travers in Neufchâtel, Lobsan im Elsass, ferner bei Dannemora und anderen Orten in Schweden, wo er mit Magnetit und Eisenglanz, Iberg am Harz, wo er auf Nestern von Eisenspath und Brauneisenerz gefunden wurde u. a. m.

Albertit, Walait gehören hierher. Der Elaterit (Elastisches Erdpech) ist geschmeidig, oft etwas klebrig. Der Idrialit von Idria ist gewöhnlich mit Zinnober gemengt.

Ozokerit, *Glocker* (Erdwachs, Paraffin).

Dicht, bisweilen blätterig oder striemig-faserig. Sehr ähnlich dem Wachs (ὄζω, rieche, κηρός, Wachs). Im durchfallenden Lichte gelblichbraun bis hyacinth-

roth, im auffallenden lauchgrün bis bräunlichgrün, also deutlich fluorescirond. Zwischen den Fingorn erwärmt, wird der O. klebrig. Der Geruch ist aromatisch. G. = 0·94 bis 0·97.

Chem. Zus.: Kohlenstoff beiläufig 84, Wasserstoff 16 Percent, die Formel ist ein Vielfaches von CH_2, doch ist der O. ein Gemonge mehrerer Kohlenwasserstoffe, die zwischen 56° und 82° schmelzen. Beim Erhitzen gibt der O. eine ölige Flüssigkeit. In Terpentinöl und Benzol ist er leicht, in Alkohol und Aether schwer löslich. Aus der Lösung erhält man den Körper in glänzenden Krystallblättchen.

Zuerst war der O. von Slanik in der Moldau, dann von Boryslaw und Truskawice in Galizien bekannt. Er findet sich gewöhnlich in der Nähe der Potroleumlagerstätten zwischen Sandstein und Schiefer eingeschaltet und wird nach dem Anlegen von Brunnen und Schächten durch dio aufliegondon Schichten hervorgepresst. Daher die oft striemigo und glänzende Oberfläche. Das Neftgil von der Insel Tscheleken im Kaspisee ist O.

Durch Destillation gewinnt man das weisse Paraffin, welches anfangs zu Kerzen verarbeitet wurde, die aber zu stark tropften. Gegenwärtig wird das Paraffin, welches jedoch nicht blos aus dem O., sondern auch aus Bergtheor gewonnen wird, mit Wachs gemischt, als Ceresin in den Handel gebracht und zu Kerzen etc., ja auch zu künstlichen Bienenzellen verarbeitet.

Dem Paraffin ähnlich sind der Hartit aus der Braunkohle von Köflach und Oberdorf in Steiermark, welcher trikline, weisse, nach einer Fläche spaltbare Krystalle bildet, bei 74° schmilzt und nach dem Verhältnis C_5H_8 zusammengesetzt ist, der Fichtelit aus dem Torf von Redwitz in Baiern in weissen monoklinen Blättchen vom Schmelzpunkte von 46°, der Hatchettin in fettig anzufühlenden gelblichen Blättchen vom selben Schmelzpunkte, während der Könleinit (Scheererit) Nadeln und Blättchen vom höheren Schmelzpunkte von circa 110° und grösserem Kohlenstoffgehalt (93 Percent) zeigt. Der graubraune zerreihliche Pyropissit hält die Mitte zwischen Ozokerit und den Harzen.

Erdöl (Petroleum, Steinöl, Bergöl).

Die bituminösen Oele bilden eine Reihe von Mischungen, welche mit dom halbflüssigen braunen Bergtheor an den Asphalt anschliesst, in dem gelben Steinöl fortsetzt bis zu jenen leichtflüssigen und flüchtigen Oelen, welche man als Naphtha bezeichnet. Die Reihe läuft in dampfförmige Glieder aus. Das Gewicht der Oele schwankt zwischen 0·6 und 0·9. Alle haben einen aromatischen Geruch.

Die Kohlenwasserstoffe, aus welchen die Erdöle bestehen, sind in Zusammensetzung, Dichte und Siedepunkt verschieden. Gewöhnlich sind es Verbindungen nach der allgemeinen Formel C_nH_{2n+2} wie die folgenden im gewöhnlichen Steinöl enthaltenen:

		G. =	Siedepunkt	C	H
Pentan	C_5H_{12}	0·64	30°	83·3	16·7
Hexan	C_6H_{14}	0·676	61°	83·7	16·3
Heptan	C_7H_{16}	0·701	90°	84·0	16·0
Oktan	C_8H_{18}	0·737	119°	84·2	15·8
Nonan	C_9H_{20}	0·756	150°	84·4	15·6

Aber auch die Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe C_nH_{2n-6}, welche alle ungefähr G. = 0·86 haben, sind in mehreren Erdölvorkommen erkannt worden.

		Siedepunkt	C	H
Benzol	C_6H_6	82°	92·3	7·7
Toluol	C_7H_8	111	91·3	8·7
Xylol	C_8H_{10}	139	90·6	9·4
Cumol	C_9H_{12}	148	90·0	10·0
Cymol	$C_{10}H_{14}$	175	89·5	10·5

Der Bergtheer enthält ausser den Oelen auch Paraffin, welches durch Destillation daraus erhalten wird. Die dünnflüssige Naphtha wird an der Luft gelb und braun und dickflüssig wie das gemeine Erdöl.

Das E. findet sich in sedimentären Gesteinen verschiedenen Alters, öfters in Gesellschaft anderer bituminöser Stoffe oder in der Nachbarschaft von Pflanzenresten. Es quillt mit oder ohne Wasser aus Klüften, aus Schichten des Gesteins oder aus dem lockeren Boden. Oefters steht es in Verbindung mit Schlammvulkanen, welche aus Thon und Sand bestehende Aufschüttungen sind, hervorgerufen durch Eruptionen von Kohlenwasserstoffgas, wie z. B. bei Baku am kaspischen Meere, wo die sogenannten ewigen Feuer, angezündete Gasquellen, die seit 900 n. Chr. brennen sollen, längst allgemeine Aufmerksamkeit erregt haben. Auch an eigentlichen Vulkanen, wie am Aetna wurden geringe Mengen von Erdöl und Exhalationen von Kohlenwasserstoffen beobachtet. Merkwürdig und noch nicht erklärt ist das Zusammenvorkommen von Gasquellen, die Kohlenwasserstoffe liefern und von Erdöl mit Steinsalzlagern. Das E. verhält sich nicht immer so wie die Sickerwässer, sondern wird auch öfters durch Bohren als Springquelle oder fliessende Quelle zu Tage gebracht. Es ist daher anzunehmen, dass an manchen Orten grössere unterirdische Räume mit Erdöl erfüllt sind. Durch den Druck der auflastenden Massen wird es durch das Bohrloch emporgepresst.

Die Bildung des E. wird gewöhnlich von der Zersetzung der Pflanzen- und Thierreste abgeleitet. Dafür spricht der Umstand, dass man aus manchen Braunkohlen durch trockene Destillation Paraffin und eine dem Erdöl gleiche Flüssigkeit (Photogen) erhält, ferner das häufige Zusammenvorkommen des Erdöls mit Pflanzenresten. Die Massenhaftigkeit des Auftretens in Nordamerika scheint aber mit jener Bildungsweise nicht recht vereinbar. Mendelejeff hält daher das E. für ein Product der Tiefe, wo durch Einwirkung des Wassers auf den kohlenstoffhaltigen Metallkern der Erde bei hoher Temperatur Metalloxyde und Kohlenwasserstoffe gebildet würden.

Das E. wurde schon im Alterthum benutzt, wie z. B. jenes der griechischen Insel Zante. Das E. von Agrigent wurde als sicilianisches Oel in Lampen gebrannt. Im 18. Jahrhundert diente das E. von Amiano bei Parma zur Strassenbeleuchtung in Genua und anderen italienischen Städten. Das E. wurde auch als Medicin gebraucht wie das „Quirinusöl“ von Tegernsee in Baiern. Allmälig wurden die Erdöle von Baku, aus Galizien, von Rangoon in Hinterindien als Beleuchtungsmaterial in Verwendung gebracht, alle diese Vorkommen aber in den letzten Jahrzehnten durch das Product Nordamerikas in Schatten gestellt, da in kurzer Zeit riesige Quantitäten gewonnen wurden. Auf

Digitized by Google

einer Zone, welche den Westen der Staaten New-York und Pennsylvania sowie einen Theil von Ohio umfasst, erbohrte man allenthalben Erdöl, besonders in Pennsylvania bei Oil City, wo 1857 eine ungemein grosse Zahl von Oelquellen entdeckt wurde, ebenso bei Mecca, Titusville etc. Bis 1. Jänner 1882 waren circa 25.000 Quellen erbohrt und 186·5 Millionen Fass Rohöl gewonnen. Die ganze Production repräsentirte bis dahin circa 731 Millionen Dollars. In letzter Zeit hat sich aber auch in anderen Gegenden die Production bedeutend gehoben, besonders bei Baku am Caspischen Meere, in Galizien im Samborer Kreise, wo das E. durch Anlage von Brunnen gewonnen wird. Bei Peine in Hannover wurde eine mächtige Springquelle erbohrt.

Das E. wird zum Zwecke der Herstellung eines geeigneten Beleuchtungsmateriales durch Destillation von den leicht entzündlichen Kohlenwasserstoffen (Petroleumäther) befreit. Das raffinirte Lampenöl kommt als Petroleum, zuweilen auch Photogen genannt, in den Handel. Die schweren Kohlenwasserstoffe, welche bei dem Raffiniren als Rückstand bleiben, dienen zu Schmierölen, zur Gewinnung von Paraffin, zur Darstellung von Petroleumgas, welches wie das Steinkohlenleuchtgas verwendet wird. Der Petroleumäther liefert hingegen Benzin (Fleckwasser), Ligroin etc.

Die Literatur über E. ist sehr umfangreich. Wichtige Daten enthalten: R. Wagner, Chem. Technologie. Hirzel, Das Petroleum. Leipzig 1864. Ott, Das Petroleum, Zürich 1875. A. W. Hoffmann, Wiener Ausstellungsbericht, Braunschweig 1878. H. Höfer, Bericht über die Centennialausst. in Philadelphia, Wien 1877. L. Strippelmann, Die Petroleumindustrie Oesterreich-Ungarns, Leipzig 1878. Schädler, Technologie der fetten Oele der Fossilien, Leipzig (im Erscheinen).

Digitized by Google

Anhang.

Die Gemengtheile der Meteoriten.

Oft wiederholt sich die Erscheinung, dass Stein- und Eisenmassen aus grosser Höhe unter Schall- und Lichtentwicklung zur Erde fallen. In den ältesten Schriften finden sich schon Berichte über Steinregen und über das Niederfallen einzelner Steine und Eisenklumpen. Im vorigen Jahrhundert ignorirten viele Forscher diese merkwürdige Naturerscheinung und manche bestritten die Möglichkeit derselben, bis der Physiker Chladni die Thatsache zur Anerkennung brachte und zugleich den kosmischen Ursprung, die Herkunft jener Körper aus fernen Himmelsräumen, überzeugend nachwies. (Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer Eisenmassen etc., Riga 1794.) Die vom Himmel herabgelangten Massen wurden in alter Zeit öfters Gegenstand göttlicher Verehrung, wie das Ancile, ein schildförmiges Eisen, welches unter Numa Pompilius in Rom niederfiel, oder der schwarze Stein in der Kaaba zu Mekka, welcher nach Partsch ein Meteorstein ist. Die Thatsache, dass jene Massen aus der Luft herabfallen, sowie die Vorstellung, dass dieselben in der Atmosphäre gebildet seien, führten zu der älteren Bezeichnung Aërolithen (aër, Luft), während der jetzt allgemein gebräuchliche Name Meteoriten (μετέωρα, Erscheinungen in der Höhe) frei von jeder Hypothese ist. Vor dem Herabfallen zeigt sich bei Nacht eine feurige Erscheinung, bei Tage eine kleine Wolke. Im Dunkeln sieht man das Meteor als eine Feuerkugel in rascher Bewegung am Himmel. Nach einiger Zeit scheint dieselbe stille zu stehen, zeigt oft ein Zerspringen unter heftiger Detonation, das Meteor erlischt, und von dem Punkte des Stillstandes fällt eine einzige Masse oder es fallen mehrere Stücke zur Erde nieder.

Die Geschwindigkeit, welche das Meteor beim Eintritt in die Atmosphäre zeigt, beträgt per Secunde 4 Meilen und mehr, entspricht also derjenigen, mit welcher sich die Planeten im Sonnensystem bewegen. Man schliesst daraus, dass die Meteoriten ursprünglich wie die Planeten im Himmelsraume kreisen, und dass jene, welche sich dabei der Erde stark nähern, mit der letzteren vereinigt werden.

Die Erscheinungen, unter welchen dies geschieht, erklären sich in folgender Weise. Bei der enormen Geschwindigkeit, mit welcher die kosmischen Körper

Digitized by Google

in die Atmosphäre eindringen, wird die Luft ähnlich wie in dem pneumatischen Feuerzeug heftig zusammengepresst, ohne sogleich ausweichen zu können, und kommt dadurch zum Glühen. Die Erhitzung wird auch auf die Oberfläche des Meteoriten übertragen und bewirkt ein Abschmelzen desselben, ferner die nach der Compression ausweichende Luft ein Abschleudern der Schmelztröpfchen. Dadurch entsteht eine feurige Hülle um den Meteoriten, welche viel grösser ist als dieser selbst. Hinter dem fliegenden Meteoriten entsteht ein luftleerer Raum, ein Vacuum, welches eine Strecke hinter dem Meteoriten durch die hereinstürzende Luft unter starkem Getöse erfüllt wird. Dadurch wird jenes oft gehörte donnerartige Rollen im Anfange des Phänomens begreiflich.

Bei der Compression der Luft wird von dem Meteoriten Arbeit geleistet und dementsprechend die lebendige Kraft des letzteren vermindert, endlich soweit aufgebraucht, dass die fortschreitende Bewegung durch die Rückwirkung der comprimirten Luft aufgehoben ist. Der Meteorit kommt zum Stillstande und fällt hierauf dem Gesetze der Schwere gemäss zur Erde. Im Augenblicke des Stillstandes vermag einerseits die vorn zusammengepresste Luft mit einemmale auszuweichen, andererseits erfüllt sich plötzlich das Vacuum hinter dem Meteoriten, wodurch die heftige Detonation entsteht. (Haidinger, Ber. d. Wiener Akad., Bd. 43, pag. 289, Bd. 58, Abth. II.)

Die Grösse der Meteoriten ist niemals bedeutend, sie erreicht niemals einen Kubikmeter. Der schwerste Stein, jener von Knyahinya, wiegt 294 Kilogramm und nimmt ungefähr 0·084 Kubikmeter ein. Die Exemplare sind häufig kleiner als eine Faust, und unter den Meteoriten, welche schwarmweise niederfallen (Steinregen), gibt es viele unter Erbsengrösse bis herab zu staubartiger Kleinheit.

Die Meteoriten besitzen eine Schmelzrinde, welche an den steinartigen Massen gewöhnlich pechschwarz und matt, seltener glänzend ist. An den Eisenmassen hat die äusserste Rinde die Beschaffenheit des sog. Hammerschlages, welcher ähnlich wie der Magnetit zusammengesetzt ist und an der Oberfläche des Schmiedeeisens beim Erhitzen in der Luft entsteht. An manchen Meteoriten lässt sich aus der Anordnung der feinen Schmelzleisten und aus der Lage der schaumigen Zone erkennen, welche Seite des Meteoriten beim Fluge durch die Atmosphäre nach vorn und welche nach rückwärts gerichtet war (Brustseite und Rückenseite Haidinger's).

Im Innern sind die Meteoriten zuweilen gleichartig, häufig aber gemengt. Die Gemengtheile stimmen, wenige Ausnahmen abgerechnet, mit bekannten Mineralen der Gattung nach überein. Das Gefüge ist öfters deutlich krystallinisch, z. B. körnig oder porphyrisch, oft aber ist eine klastische Beschaffenheit wahrzunehmen; die Structur erscheint breccienartig und bei vielen Meteorsteinen tuffartig. In den gewöhnlichen Meteorsteinen bemerkt man zahlreiche rundliche krystallinische Einschlüsse, welche G. Rose Chondren (χόνδρος, Kügelchen) nannte. Die gewöhnlichste Art der Meteoriten bezeichnete derselbe demnach als Chondrite.

Das krystallinische Gefüge der Meteoriten entspricht jenem, welches manche vulkanische Gesteine der Erde zeigen, das klastische den vulkanischen Tuffen

Die chondritische Beschaffenheit ist jedoch den irdischen Felsarten fremd. Die Kügelchen verhalten sich indess wie Erstarrungsproducte; der Autor hält sie für erstarrte Tropfen, wonach ihre Bildung durch eine Eruption flüssiger Schmelze zu erklären wäre.

Die äussere Form der Meteoriten ist keine gesetzmässige, sondern zufällige, sie ist bald rundlich, bald scharfkantig. Oft lässt sich deutlich erkennen, dass die Rundung der Kanten durch Abschmelzen an der Oberfläche hervorgerufen wurde. Als die ursprüngliche Gestalt ist demnach immer die eines Bruchstückes anzunehmen, und die Meteoriten sind nicht selbstständige Körper, sondern als Splitter von grösseren kosmischen Massen anzusehen.

Die Herkunft und die Bildungsweise der Meteoriten lässt sich gegenwärtig blos vermuthen, blos mit einiger Wahrscheinlichkeit angeben. Denkt man sich mit Daubrée (Journ. des savants 1870) diese Splitter wieder zu einer kosmischen Masse vereinigt, die specifisch schwereren im Innern gelagert, so hätte man eine Masse analog der Erde, welche innerhalb der Steinrinde einen schwereren Kern, höchst wahrscheinlich einen Metallkern, und zwar einen Eisenkern besitzt. Es ist demnach zu vermuthen, dass die Meteoriten von einem oder von mehreren der Erde ähnlich gebauten Himmelskörpern abstammen, welche ganz oder zum Theile in Splitter aufgelöst wurden. An eine Zertrümmerung durch Stoss ist nicht zu denken, weil dadurch auch grosse Stücke gebildet worden wären, vielmehr ist es nach dem Autor (Sitzungsber. d. Wiener Akad., Abth. II, Bd. 71, April 1875 und Bd. 75, März 1877) wahrscheinlicher, dass ein Abschleudern von Bruchstücken durch vulkanische Thätigkeit erfolgte. Waren die planetarischen Körper von geringer Grösse, so genügte deren Schwerkraft nicht, die ausgeworfenen Stücke sämmtlich wieder zur Oberfläche zurückzuführen. Die so verstreuten Splitter kreisen im Weltraume, die grösseren und dichteren gelangen unter Umständen als Meteoriten zu uns, die kleinen, lockeren werden schon in der Atmosphäre verzehrt, indem sie die Sternschnuppen veranlassen. (Ueber diese: Schiaparelli, Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen. Deutsch von Boguslawski, Stettin 1871.)

Die als staubartige Massen ankommenden und die in der Luft verstäubten Meteorite dürften sich erst allmälig zur Erde senken. Im Schnee wurde schon wiederholt Eisenstaub nachgewiesen. Interessant ist die Beobachtung Renard's, welcher in dem Bodensatz des pacifischen Oceans kleine Bronzitkügelchen mit Magnetitrinde auffand, welche den Chondren der Meteorsteine gleichen. Der Entdecker leitet dieselben von Meteoritenstaub ab.

Die Kenntnis der Gemengtheile, welche die Meteoriten zusammensetzen, und der Vergleich derselben mit den tellurischen Mineralen ist, wie leicht ersichtlich, von grosser Wichtigkeit. Die Anzahl der bisher erkannten Gattungen ist eine geringe. Die gewöhnlich vorkommenden gehören in die Classen der Elemente, Lamprite, Oxyde, Silicotype. Die Arten sind durch die Form, Textur und die Einschlüsse von den Mineralen verschieden, doch nähern sich viele den vulkanischen Mineralarten.

Eisen. Dasselbe ist in den meisten Meteoriten verbreitet. Die Meteoreisenmassen bestehen vorzugsweise daraus. An diese schliessen sich jene Meteoriten, welche in einer Eisengrundmasse porphyrisch eingeschlossene Krystalle und Körner von Siliciden enthalten, endlich die steinartigen Massen, in welchen das Eisen entweder nur ein feines Netz oder blos einzelne Flitter bildet.

Das Meteoreisen ist immer nickelhaltig, stellt also eine Legirung zweier Metalle dar. Die Krystallform ist tesseral, die Spaltb. vollk. nach dem Würfel (s. pag. 333). Um das Gefüge zu erkennen, pflegt man polirte Flächen mit Salpetersäure zu ätzen (pag. 142).

Manche Meteoreisen, wie dasjenige, welches bei Braunau in Böhmen am 14. Juni 1847 niederfiel, bestehen vorherrschend aus einem einzigen Individuum. Eine und dieselbe Spaltrichtung geht durch den ganzen Klumpen. Das Hauptindividuum ist aber von vielen feinen Zwillingslamellen durchsetzt, welche nach dem Gesetze: Zwillingsaxe eine Normale zur Oktaëderfläche, eingefügt sind und nach dem Aetzen als feine Linien erscheinen. Ausser diesen Aetzlinien wird aber auch ein damastartiger Schimmer bemerklich, welcher von feinen, dem Würfel entsprechenden Aetzfiguren herrührt.

Fig. 1.

Fig. 2.

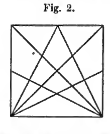


Fig. 1 stellt das Auftreten der Aetzlinien auf einer Würfelfläche dar. Die Richtungen erklären sich daraus, dass der Hauptwürfel von anderen zwillingsartig durchwachsen ist, wie dies der Fluoritzwilling Figur 197 auf pag. 89 angibt. Jede Fläche des Hauptwürfels wird von den Flächen des Nebenwürfels so durchschnitten, dass die Richtung der Durchschnitte erstens durch die Diagonalen des Quadrates, zweitens durch jene Linien angegeben wird, welche sich ergeben, wenn man den Halbirungspunkt einer Seite mit einer nicht anliegenden Ecke verbindet. Entsprechend den vier Ecken können aber die Nebenwürfel in vier Stellungen auftreten. Man erhält demnach 12 Schnittlinien, die aber paarweise parallel sind, folglich sechs verschiedene Schnittrichtungen. In Fig. 2 sind dieselben schematisch angegeben. Die Nebenwürfel sind aber nicht als volle Würfel, sondern blos in Krystallskeletten vorhanden, welche aus Lamellen parallel dem Würfel bestehen, daher gibt die Aetzung nur dünne Lamellen nach 6 Richtungen an (Autor, Sitzungsber. d. Wiener Ak., Bd. 70, Abth. I, Nov. 1874). Das künstliche Eisen gibt, wenn es grosskörnig ist, ebenfalls die Braunauer Aetzlinien.

Die Mehrzahl der Meteoreisen zeigt nach dem Aetzen schöne Zeichnungen, welche Widmanstätten'sche Figuren genannt werden, nach dem Entdecker, welcher sie zuerst an dem Eisen von Agram (gefallen am 26. Mai 1751) erkannte. Die Figuren werden durch Scharen von feinen Leisten hervorgebracht, welche mit Vertiefungen wechseln und einander durchkreuzen. Fig. 3 und 4. Sie erklären sich nach G. Rose durch eine schalige Zusammensetzung nach den Oktaëderflächen, wie dies folgende Beispiele zeigen.

Eine Masse, welche aus vielen sich durchkreuzenden Lamellen, die den Flächen des Oktaëders parallel sind, besteht, kann so zerschnitten werden, dass die entstehende Ebene einer Oktaëderfläche parallel ist. Auf dieser werden die Lamellen als Streifen erscheinen, welche nach drei unter 60° sich treffenden Richtungen verlaufen. Fig. 5. Dieser Fall kommt an zufälligen Schnitten bisweilen vor. Fig. 3 ist der Natnrselbstdruck eines solchen, welcher oinem Exemplar des Meteoreisens von Carthago in Nordamerika angehört. Auf einer Fläche parallel 100 werden sich hingegen blos zwei Richtungen dor Streifen ergeben,

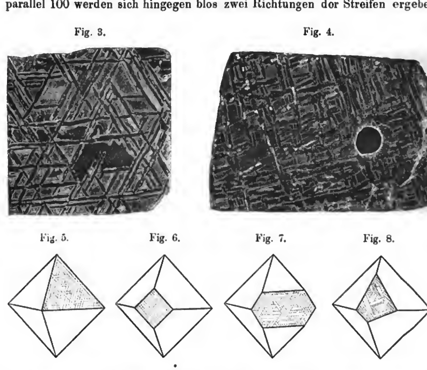

Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

welche sich unter 90° treffen, wie dies Fig. 6 andeutet. Auf einer Fläche 110 werden drei Richtungen zu unterscheiden sein, wovon zwei den Winkel von 109° 28′ einschliessen, die dritte selben halbirt. Fig. 7. Flächen, die einem Hexakisoktaëder entsprechen oder keiner Fläche des tesseralen Systems parallel sind, werden die Lamellen in vier verschiedenen Richtungen zeigen, und diese werden mit einander vier ungleiche Winkel bilden. Fig 8. Die zufällig durch einen Klumpen von Meteoreisen geführten Schnitte werden zumeist diesem letzteren Fall entsprechen. In der That zeigen die meiston vier solche Richtungen wie der Schnitt durch das Meteoreisen von Lenarto in Fig. 4. Der Abdruck ist nicht von dem Meteoreisen, sondern vom Abguss desselben genommen. (Ueb. d. Orientirung, Brezina, Denkschr. d. Wiener Ak., Bd. 44.)

Die Widmanstätten'schen Figuren rühren daher, dass von der Säure das nickelärmere Eisen stärker angegriffen wird als das nickelreichere, welches nach

der Aetzung erhabene Leisten bildet. Freih. v. Reichenbach (Pogg. Ann., Bd. 114) unterscheidet die Arten des Eisens genauer und nennt jenes Eisen, welches wie in Fig. 3 die langgestreckten dunkelgrauen Streifen hervorbringt, Balkeneisen (Kamazit). Es ist die nickelärmere Legirung und zeigt im Kleinen die Braunauer Aetzlinien sowie den damastartigen Schimmer. Die Streifen des Balkeneisens werden beiderseits von sehr schmalen Streifen eingefasst, dem Bandeisen (Tänit), welches die nickelreichere Legirung ist. Zwischen den jetzt betrachteten Lamellendurchschnitten bleiben aber dreiseitige oder vierseitige Zwischenfelder, welche von dem Fülleisen (Plessit) eingenommen werden. Dieses ist aber von zweierlei Art. Es besteht entweder aus vielen dünnen Lamellen von Bandeisen und bildet die sog. Kämme, wie solche in Fig. 3 stellenweise deutlich zu erkennen sind, oder es ist gleichförmig grau und besteht vorzugsweise aus Balkeneisen, wie im unteren Theile der Fig. 3.

Es gibt auch solche Meteoreisen, welche körnig sind; die einzelnen Körner haben das Gefüge des Braunauer oder des Agramer Eisens. Einige Eisen erscheinen auch dicht.

Schreibersit (Glanzeisen Reichenbach's). Ein stark metallisch glänzender, biegsamer Gemengtheil von zinnweisser bis lichtstahlgrauer Farbe. H. = 6·5, G. = 7·1. Die Krystallform ist meist unvollkommen. Chem. Zus. Phosphornickeleisen in schwankenden Verhältnissen, bisweilen der Formel Ni_3Fe_4P entsprechend. Der Schreibersit ist oft in gestreckten Formen innerhalb der Lamellen des schaligen Meteoreisens enthalten, wie z. B. in dem von Lenarto, Fig. 4. Hier entsprechen alle die weissen Stellen innerhalb des Balkeneisens dem Schreibersit, auch zeigt sich eine zweite Art des Auftretens, nämlich als Hülle um den im Abdrucke schwarz erscheinenden Knollen von Troilit. Im Braunauer Eisen bildet der S. feine Nadeln von rechteckigem Querschnitte, welche G. Rose als Rhabdit bezeichnete.

Graphit. In manchen Meteoreisen, wie z. B. in jenem von Toluca, finden sich Knollen von feinschuppigem G. eingeschlossen. In manchen Meteoriten ist amorphe Kohle als schwarzfärbendes Pigment vorhanden.

Troilit. Einfach Schwefeleisen, FeS, von tombackbrauner Farbe, metallisch glänzend, vom G. = 4·8, tritt in Knollen, die öfters schalig zusammengesetzt sind, in vielen Meteoreisen auf. Fig. 4 zeigt das Vorkommen in dem Eisen von Lenarto. Unterhalb des runden Einschlusses bemerkt man auch einen hellen, geraden Strich, welcher die zweite Art des Vorkommens in dünnen Lamellen parallel 100 angibt. Als tellurisches Mineral ist der T. nicht bekannt. In den Meteorsteinen ist das Schwefeleisen von hellerer, bronzegelber Farbe und hat dieselben Eigenschaften wie der Magnetkies.

Seltene Schwefelverbindungen sind der Oldhamit, CaS, im Stein von Busti der Daubreelith, CrS, in einigen Meteoreisen. Beide sind als tellurische Minerale nicht bekannt.

Chromit in Körnern, bisweilen auch in Oktaëdern, ist ein häufiger Gemengtheil der Meteorite.

Von Oxyden kommen ausserdem bisweilen der Magnetit in Körnern, der Tridymit (von Maskelyne als Asmanit bezeichnet) in Körnern und Täfelchen vor.

Olivin. In sehr vielen Meteoriten vorbreitet. In jenon porphyrartigen Meteoreisen, welche G. Rose als Pallasite bezeichnete, bildet der Olivin rundliche Körner. In der Masse, welcbo von dem Roisenden Pallas bei Krasnojarsk in Sibirien entdeckt wurde, und welche Chladni die Veranlassung gab, den kosmischen Ursprung der Meteoriten zu behaupten, zeigen die Olivinkörner öfters deutliche Krystallflächen. In Fig. 9 sind diese mit denselben Buchstaben bezeichnet wie beim tellurischen Olivin auf pag. 439. Krystalle mit den gewöhnlichen Formen

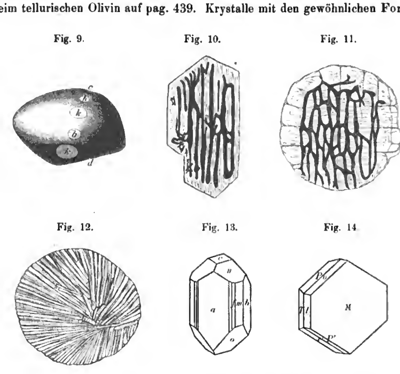


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14.

des Olivins beobacbtet man oft in den Kügelchen der Chondrite. Dieselben sind moist reich an gestreckten Glaseinschlüssen, wovon Fig. 10 ein Beispiel gibt. Viele Kügelchen odor Chondron bstehen aus einem einzigen Individuum von Olivin und enthalten braunes Glas in der Form von Platten eingeschlossen. Fig. 11 gibt den Durchschnitt eines Kügelcbens aus dem Stein von Mező-Madarász in Siebenbürgen wieder. Im Uebrigen bildet der Olivin Körnchen und Splitter, meist im Gemenge mit dem folgenden.

Bronzit ist ebenfalls einer der gewöhnlichsten Gemengtheile. Die Form der Krystalle entspricht dem tellurischen Bronzit, die chem. Zus. bald dem Enstatit, bald dem eigentlichen Bronzit und Hyperstben. Es gibt porphyrartig aussehende Meteoreisen, wie jenes von Rittersgrün in Sachsen, worin Krystalle und Körner von Bronzit liegen. In den Chondriten zeigt der Bronzit nur selten

deutliche Krystalle, bildet aber oft Kügelchen für sich, welche excentrisch faserig oder stenglig sind wie in Fig. 12. Das oft vorkommende Gemenge von Bronzit und Olivin entspricht dem tellnrischen Olivinfels.

Pyroxen. In vielen Meteoriten treten Körnchen von P. als Nebengemengtheil auf, in anderen sind jedoch Körner und Krystalle von P. als Hauptgemengtheil enthalten, z. B. in jenen Meteoriten, welche G. Rose als Eukrite bezeichnete. Die chem. Zus. weicht aber durch den geringeren Kalkgehalt von den Mineralen der Diopsidreihe ab. Die Form von Krystallen im Stein von Juvinas wird in Fig. 13 dargestellt. *f* ist (310) und (510).

Plagioklas. Die Eukrite, zn welchen die Steine von Stannern in Mähren, von Juvinas in Frankreich gehören, sind Gemenge von Anorthit und Pyroxen. Der Anorthit bildet Krystalle und Körner. Fig. 14 zeigt eine häufige Form der Anorthitkrystalle im Stein von Juvinas. Zwillingsbildung nach dem Karlsbader Gesetz. Diese Steine, welche fast gar kein Eisen enthalten, sind jener tellurischen Felsart ähnlich, welche man Dolerit, nnd wenn der Plagioklas darin Anorthit ist, auch Eukrit nennt. In vielen anderen Meteoriten ist ein Plagioklas in grösserer oder geringerer Menge enthalten, letzteres in den Chondriten. Ein einfachbrechender farbloser Gemengtheil, welcher langgestreckte Krystallnmrisse zeigt, und dessen chem. Zus. einem Labradorit entspricht, wurde vom Autor Maskelynit genannt.

Glas. Abgesehen von den Einschlüssen in Olivin, Bronzit, Anorthit etc. ist ein braunes Glas in den Kügelchen der Chondrite häufig, ferner in den schwarzen Adern, welche manche Chondrite durchsetzen, endlich in der Rinde der Steinmeteoriten enthalten.

Zu den seltenen Beimengungen gehören feste Kohlenwasserstoffe in manchen schwarzen kohligen Steinen, ein dem Breunnerit entsprechendes Carbonat etc.

Wichtig ist die Entdeckung Graham's, welcher fand, dass im Meteoreisen Wasserstoffgas absorbirt enthalten sei. Es kann durch Erhitzen ausgetrieben werden. Der Gehalt an Wasser, welcher in manchen Steinen in geringer Menge nachgewiesen wurde, scheint nicht nrsprünglich, sondern erst nach dem Niederfallen aus der Umgebung aufgenommen zu sein. Dem entspricht das Fehlen von Quarz und von allen Hydrosilicaten, wodnrch die Thätigkeit des Wassers bei der Bildung der Meteoriten ausgeschlossen erscheint.

Man wird daher schliessen, dass die Meteoriten von einem Himmelskörper herrühren, dessen Rinde, durch Erstarrung gebildet, sich noch im ersten Bildungsstadinm befand nnd noch keine Umwandlungen durch Wasser erlitten hat.

Lit. G. Rose, Beschreibung nnd Eintheilung der Meteoriten etc. Abhandl. d. Berliner Akademie 1864. Rammelsberg, Die chemische Natur der Meteoriten. Ebenda, 1870 und 1881. Daubrée, Synthetische Studien zur Experimentalgeologie, Braunschweig 1880, Autor, Beitrag zur Classification der M., Berichte der Wiener Ak., Bd. 88, Abth. I, pag. 347 (1883). Ders., Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten erläutert dnrch photographische Abbildungen, Stuttgart 1883.

Register.

A.

Abdrücke 124.
Abformungen 104, 120.
Abicbit 523.
Absätze der Quellen 290.
Absonderungen 268.
Absorption des Lichtes 154. 190.
— im Boden 307.
Acbat 384.
Acbrematit 524.
Achroit 478.
Achtaragdit 441.
Adamin 523.
Adamsit 513.
Adern 118, 269.
Adlersteine 404.
Adular 461.
Aedelforsit 442.
Aegyrin 448.
Aequivalent 235.
Aequivalentgewicbte 229.
Aërolitbe 571.
Aerugo nobilis 418.
Aeschynit 522.
Aetzfigur 139.
Aetzfläche 142.
Aetzhügel 141.
Agalmatolith 506, 519.
Agricolit 441.
Akanthit 351.
Akmit 448.
Akratotbermen 372.
Aktinolitb 450.
Alabandin 370.
Alabaster 545.
— orientaliscber 430.
Alaune 548.
Alannerde 565.
Alannscbiefer 342.
Alannstein 548.
Albertit 568.
Albin 498.
Albit 466.
Alexandrit 414.
Algerit 457.
Algodonit 337.
Alisonit 350.
Alkaliscbe Reaction 221.
Allagit 448.
Allanit 487.
Allemontit 329.
Allocbroit 481.
Allochromatisch 156.
Alloklas 339.
Allomorpbit 539.
Allophan 519.
Allotropie 250.
Alluaudit 530.
Almandin 480.
Alstonit 422.
Altait 355.
Alumian 541.
Aluminate 412.
Aluminit 547.
Alumosulfate 547.
Alunit 548.
Amalgam 332.
Amazonenstein 463.
Amazonit 463.
Amblygonit 529.
Amblystegit 444.
Ambrit 564
Ametbyst 381.
— orientalischer 376.
Amiant 450.
Ammoniakalaun 548.
Amorpb 11.
Amphibol 449.
Ampbigen 454.
Ampbilogit 513.
Amphodelith 471.
Analcim 492.
Anatas 390.
Anauxit 520.
Andalusit 472.
Andalnsitgruppe 472.
Andesin 469.
Anflüge 118.
Anglarit 530.
Anglesit 540.
Anbydride 240.
Anhydridsalze 243.
Anbydrit 534.
Anisotrop = doppelbrechend.
Ankerit 435.
Anlauffarben 160.
Annabergit 524.
Annivit 361.
Anomale Doppelbrecbg. 200.
Anomit 517.

Anordnung der Molekel 39.
Anorthit 470, 579.
Anthophyllit 448.
Anthophyllit-Amphibol 449.
Anthophyllit-Asbest 449.
Anthracide 562.
Anthracit 565.
Anthrakonit 431.
Antigorit 502.
Antimetrie 50.
Antimon 329.
Antimonate 523.
Antimonblende 371.
Antimonblüthe 395.
Antimonfahlerz 358.
Antimonglanz 354.
Antimonit 354.
Antimonkupferglanz 358.
Antimonnickel 337.
Antimonnickelglanz 339.
Antimonocher 395.
Antimonsilber 355.
Antimonsilberblende 363.
Antrimolith 492.
Apatelit 549.
Apatit 525.
Aphrodit 504.
Aphrosiderit 509.
Aphthalos 534.
Aphthonit 361.
Apjohnit 548.
Aplom 481.
Apolar = einfachbrechend.
Apophyllit 498.
Apyrit 478.
Aqnamarin 484.
Aragonit 422.
Aräoxen 525.
Arcanit 534.
Ardennit 488.
Arfvedsonit 452.
Argentit 350.
Argentopyrit 345.
Argyropyrit 345.
Arkansit 391.
Arksutit 562.
Arquerit 331.
Arsen 328.
Arsenate 523.
Arseneisen 335.
Arseneisensinter 524.
Arsenfahlerz 361.
Arsenglanz 329.
Arsenik 394.
Arsenikalkies 335.
Arsenikblüthe 394.
Arseniknickel 336.
Arseniknickelglanz 339.
Arseniknickelkies 336.
Arseniosiderit 524.
Arsenit 394.
Arsenite 525.
Arsenkies 337.
Arsenkupfer 337.
Arsenopyrit 337.
Arsensilber 355.
Arsensilberblende 365.
Art 312.
Asbest 450, 503.
Asbolan 400.
Ascension 288, 292.
Asmanit 578.
Aspasiolith 482.
Asperolith 500.
Asphalt 568.
Aspidolith 516.
Asterismus 145.
Astrakanit 546.
Astrophyllit 510.
Asymmetrisches System 48.
Atacamit 555.
Atheriasit 457.
Atlasit 419.
Atlasspath 430.
Atome 230.
Atomgewichte 231.
Atopit 523.
Auerbachit 389.
Auftreten 261.
Augelith 532.
Augit 447.
Aurichalcit 418.
Auripigment 370.
Ausbildungsweise der Krystalle 97.
Ausdehnung bei der Erwärmung 203.
Ausheilen 97.
Auslöschungsrichtungen 169.
Austausch 298, 301.
Automolit 413.
Autunit 531.
Avanturin 382.
Axen 28.
Axenfarben 191.
Axenverhältnis 33.
Axenwinkelapparat 178.
Axinit 489.
Azorit 522.
Azurit 419.

B.

Babingtonit 448.
Bagrationit 487.
Baikalit 446.
Balas-Rubin 413.
Balkeneisen 577.
Baltimorit 504.
Bamlit 473.
Bandeisen 577.
Barnhardtit 349.
Barrandit 531.
Barsowit 471.
Barystrontianit 422.
Baryt 536.
Barytharmotom 497.
Barytocalcit 422.
Barytocölestin 540.
Barytsalpeter 533.
Baryumglimmer 513.
Basaltjaspis 518.
Basanomelan 408.
Basische Salze 242.
Bastit 444, 503.
Batrachit 441.
Baulit 471.
Bauxit 374.
Beaumontit 495.
Beauxit 374.
Bechilit 417.
Beilstein = Nephrit.
Benzin 571.
Benzolreihe 569.
Beraunit 531.
Bergholz 504.
Bergkork 504.
Bergkrystall 380.
Bergleder 504.
Bergmannit 491.
Bergmehl 430.
Bergmilch 430.
Bergöl 569.
Bergseife 519.
Bergtheer 569.
Berlinit 532.
Bernstein 563.
Berthierit 356.
Beryll 483.

Berzeliit 524.
Berzelin 355, 453.
Beschlag 218.
Beudantit 549.
Beyrichit 346.
Bezeichnung der Krystallflächen 41.
Bieberit 550.
Biegsam 126.
Bildstein = Agalmatolith.
Bildnng der Krystalle 13.
Bildnng der Mineralgänge 291.
Bildungsweise 281.
Bimstein 471.
Binnit 357, 362.
Biotit 514.
Bischofit 560.
Bismutin 354.
Bismutit 419
Bismutosphärit 419.
Bittersalz 546.
Bitterspath 433.
Bitume 568.
Bituminit = Bogheadkoble.
Blackband 437.
Blätterig 116.
Blättertellnr 355.
Blasenräume 273.
Blanbleierz 529.
Blaueisenerde 530.
Blauerz 402.
Blauspath 532.
Blei 332.
Bleiantimonglanz=Zinckenit.
Bleicarbonat = Cerussit.
Bleichromat = Rothbleierz.
Bleierde 421.
Bleiglätte 393.
Bleiglanz 351.
Bleigummi 532.
Bleihornerz = Phosgenit.
Bleilasnr = Linarit.
Bleiniere 523.
Bleiscbweif 352.
Bleisulfat = Anglesit.
Bleivitriol 540.
Blende 366.
Blenden 366.
Blitzröhren 383.
Blödit 546.
Blutstein 407.
Bodenit 487.
Bodenwässer 293.
Bogbeadkohle 566.
Bobnerz 404.
Bol 519.
Bolivit 371.
Bologneserspath 538.
Boltonit 440.
Bonsdorffit 482.
Boracit 414.
Borate 414.
Borax 416.
Boraxperle 218.
Bornit 348.
Borocalcit 417.
Boronatrocalcit 417.
Borsäure 374.
Bort 326.
Bosjemanit 548.
Botryogen 549.
Boulangerit 357.
Bournonit 357.
Bowenit 502.
Brachydoma 49, 54.
Brachypinakoid 49, 54.
Brachypyramide 49, 54.
Brandisit 510.
Braunbleierz 529.
Branneisenerz 401.
Braunit 397.
Braunkohle 564.
Braunspath 435.
Braunstein 399.
Bravaisit 520.
Breccien 265.
Brechnngsquotient 149.
Breislackit 452.
Breithauptit 337.
Breunnerit 436.
Brevicit 491.
Brewsterit 498.
Brillant 327.
Brochantit 550.
Bromargyrit 555.
Bromit 555.
Bromsilber 555.
Brongniartin = Glauberit
Bronze 348.
Bronzit 442, 578.
Brookit 391.
Bruch 133.
Brucit 374.
Brushit 532.
Bucholzit 473.
Bncklandit 487.
Büchsenstein 343.
Bunsenin 355.
Bunsenit 400.
Buntbleierz 529.
Buntkupfererz 348.
Buntkupferkies 348.
Buratit 418.
Bustamit 448.
Byssolith 450.
Bytownit 470.

C.

Cabrerit 524.
Calamin 499.
Calaverit 355.
Calcit 425.
Caledonit 550.
Cameen 385.
Cancrinit 454.
Cannelkohle 566.
Cantonit 350.
Caporcianit 493.
Carbonado 326.
Carbonat 326.
Carbonate 417.
Carbonsalze 562.
Carminspath 524.
Carnallit 559.
Carnat 518.
Carneol 384.
Carrolit 346.
Cementkupfer 348.
Ceresin 569.
Cerin 487.
Cerit 500.
Cerussit 420.
Cervantit 395.
Ceylanit 413.
Chabasit 494.
Chalcedon 384.
Chalilith 492.
Chalkanthit 550.
Chalkolith 531.
Chalkophyllit 523.
Chalkopyrit 346.
Chalkosiderit 531.
Chalkosin 349.
Chalkotrichit 394.
Chamoisit 501.
Charakter d. Doppelbrechung 182.
Charakteristik 319.

Chemische Analogie 252
Chemische Formeln 233, 247.
Chessylit 419.
Chesterlith 463.
Chiastolith 472.
Childrenit 531.
Chilenit 355.
Chilesalpeter 533.
Chiolith 562.
Chiviatit 357.
Chloanthit 336.
Chlorastrolith 489.
Chlorblei 554.
Chlorbromsilber 555.
Chloride 555.
Chlorit 506.
Chloritgruppe 506.
Chloritoid 510.
Chloritspath 510.
Chlormagnesium 560.
Chloromelanit 448.
Chloropal 501.
Chlorophäit 501.
Chlorophan 560.
Chlorophyllit 482.
Chlorospinell 413.
Chlorquecksilber = Kalomel.
Chlorsilber 555.
Chondrite 573, 578.
Chondroarsenit 523.
Chondrodit 441.
Chonikrit 509.
Christianit 496.
Christophit 368.
Chromate 551.
Chromeisenerz 411.
Chromit 411, 577.
Chrompicotit 411.
Chrysoberyll 413.
Chrysokoll 500.
Chrysolith 440.
Chrysophan = Seybertit.
Chrysopras 384.
Chrysotil 503.
Cimolit 520.
Cinnaharit 369.
Circularpolarisation 188.
Cirrholith 532.
Citrin 381.
Clarit 361.
Classe 316.
Classification, chemische 316.
— der Mischungen 314.
Claudetit 395.
Clausthalit 355.
Cleavelandit 468.
Cleveit 412.
Clingmannit 510.
Clintonit 510.
Cluthalit 493.
Coccinit 555.
Coelestin 539.
Coeruleolactin 532.
Cohärenz 125.
Cokes 567.
Coloradoit 355.
Columbit 522.
Combinationen 23.
Combinationsriefung 103.
Compact 116.
Comptonit 492.
Concretionen 117.
Condurrit 337.
Conglomerate 265.
Constitution, chemische 244.
Constitutionswasser 246.
Contactbildungen 274.
Copalin 563.
Copiapit 549.
Coquimbit 549.
Coracit 412.
Cordierit 482.
Corundellit 510.
Cosalit 357.
Cossyrit 452.
Cotunnit 554.
Couseranit 457.
Covellin 350.
Crednerit 400.
Crichtonit 408.
Cronstedtit 509.
Crookesit 355.
Cuban 349.
Cuboit 493.
Culsageeit 517.
Cummingtonit 452.
Cupreïn 350.
Cuprit 393.
Cupromagnesit 550.
Cuproplumbit 353.
Cupro-Verbindungen 237.
Cuspidin 442.
Cyanit 473.
Cyclopit 471.
Cymatin 451.
Cymatolith 448.
Cymophan 413.
Cyprin 488.
Cyrtolith 389.

D.

Damastartige Oberfläche 103.
Damourit 513.
Danait 338.
Danalith 441.
Danburit 471.
Darwinit 337.
Datolith 499.
Daubreelith 577.
Daubreït 555.
Davyn 454.
Dawsonit 411.
Dechenit 525.
Decrescenz 34.
Degeröit 501.
Dehnbar 126.
Delessit 509.
Deltoiddodekaëder 73.
Delvauxit 531.
Demant 325.
Demantoid 481.
Demantspath 376.
Demidoffit 500.
Dendriten 117, 398.
Dendritisch 117.
Derb 118.
Dermatin 504.
Descloizit 525.
Desmin 495.
Deuteroprisma 58, 63.
Deuteropyramide 58, 63
Deweylit 504.
Diadochit 549.
Diaklasit 444.
Diallag 446.
Dialogit 438.
Diamagnetisch 211.
Diamant 325.
— Marmaroser 381.
Diamantglanz 147.
Diaphorit 366.
Diaspor 374.
Dichroit 482.
Dicht 116.
Dichte 212.
Dickinsonit 531.
Didymit 513.
Digenit 350.

Dihexagonale Pyramide 63.
Dihexagonales Prisma 63.
Dihydrit 531.
Dillnit 375.
Dimorphie 248.
Dimorphin 371.
Diopsid 445.
Dioptas 500.
Diphanit 510.
Diploëder 74.
Dipyr 457.
Diskrasit 355.
Dispersion 154.
— der Axen 176.
Disthen 473.
Dolomit 433.
Domeykit 337.
Doppelbrechung 151.
Doppelbrechnng durch Druck und Spannung 199.
Doppelsalze 247.
Doppelspath 429.
Doppelte Textur 116.
Dopplerit 564.
Dravit 478.
Dreelit 539.
Druckfigur 132.
Dudleyit 510.
Dünnschliff 101.
Dufrenit 531.
Dufrenoysit 357, 362.
Dunit 440.
Durangit 524.
Durchsichtigkeit 148.
Dyakisdodekaëder 74.
Dysanalyt 522.
Dysluit 413.

E.

Edingtonit 492.
Egeran 488.
Ehlit 531.
Eigenfarbig 156.
Eigengewicht 212.
Einaxig 153.
Einfachbrechend 151.
Eingesprengt 118.
Einschlüsse 107, 283.
Eis 372.
Eisen 333, 411.
— meteorisches 575.
Eisenalaun = Halotrichit.
Eisenblüthe 424.
Eisenchlorid 554.
Eisenerze 411.
Eisenglanz 404.
Eisenglimmer 406.
Eisenkies 340.
Eisenkiesel 382.
Eisenkobaltkies 336.
Eisenmulm 410.
Eisennickelkies 345.
Eisenniere 404.
Eisenoxyd 405.
Eisenplatin 334.
Eisenrahm 406.
Eisenrosen 406.
Eisenspath 436.
Eisentalk 506.
Eisenvitriol 549.
Eisenzinkspath 436.
Eisspath 462.
Ekdemit 525.
Ekebergit 457.
Elaeolith 454.
Elasticität 125.
Elastisch 126.
Elaterit 568.
Electrum 331.
Elektricität 207.
Elemente 216, 324.
Eleonorit 531.
Eliasit 395.
Embolit 555.
Emerylith 510.
Emmonit 422.
Emplektit 362.
Enantiomorphie 55, 67.
Enargit 361.
Endflächen 31.
Enhydros 384.
Enstatit 443.
Entglasung 119.
Entwicklung 281.
Eosphorit 531.
Epiboulangerit 357.
Epichlorit 509.
Epidot 485.
Epigenit 362.
Epistilbit 495.
Epsomit 546.
Erbsenstein 425, 430.
Erde, essbare 519.
— lemnische 519.
Erdkobalt 400.
Erdöl 569.
Erdpech 568.
— elastisches 568.
Erdwachs 568.
Eremit 530
Ergänzungs-Zwillinge 81.
Erinit 523.
Erkennung der Doppelbrechung 168.
Erlan 482.
Ersbyit 471.
Erstarrungsproducte 282.
Eruptive Bildungen 283.
Erythrin 523.
Erze 395.
Erzformation 272.
Erzgänge 269.
— Bildung 291.
Esmarkit 471, 482.
Euchroit 523.
Eudialyt 522.
Eudnophit 493.
Eugenglanz = Polybasit.
Eukairit 355.
Eukamptit 516.
Euklas 484.
Eukolit 522.
Eukrit 579.
Eukryptit 454.
Eulytin 441.
Eunosmit 563.
Euphyllit 514.
Eupyrchroit 528
Eusynchit 525.
Euxenit 522.
Evansit 532.

F.

Fahle 355.
Fahlerzgruppe 358.
Fahlunit 482.
— harter 482.
Fairfieldit 532.
Famatinit 362.
Farben 155.
Farbenspiel 159.
Farbenwandlung 159.
Farbenzerstreuung 153.
Faröelith 492.
Fasergyps 544.
Faserkalk 430.
Faserkiesel 473.

Faserquarz 382
Fassait 447.
Faujasit 494.
Fauserit 550.
Fayalit 440.
Fayance 518.
Federalaun 548.
Federerz 356.
Feldspath, glasiger 462.
Feldspathgruppe 458.
Felsarten 265, 275.
Felsöbanyit 547.
Ferberit 554.
Fergusonit 522.
Ferrisulfate 549
Ferriverbindungen 237.
Ferromangan 399.
Ferroverbindungen 237.
Festigkeit 127.
Fettglanz 147.
Feuerblende 366.
Feuerkugel 572.
Feueropal 387.
Feuerstein 385.
Fibroferrit 549.
Fibrolith 473.
Fichtelit 569.
Fillowit 531.
Firn 373.
Fischerit 532.
Flächenbezeichnung 41.
Flächenfarben 191.
Flächenparallelismus 22.
Flächensymbole 42.
Flächenwinkel 17.
Flammenfarbe 219.
Flint 385.
Fluellit 561.
Fluocerit 562.
Fluorescenz 200.
Fluoride 560.
Fluorit 560.
Flussspath 560.
Flusswasser 278.
Foresit 498.
Forsterit 440.
Fowlerit 448.
Francolith 527.
Franklinit 411.
Fraueneis 544.
Freibergit 360.
Freieslebenit 366.
Frenzelit 354.
Friedelit 501.
Frieseït 345.
Fritzscheït 531.
Frugardit 488.
Fuchsit 513.
Fülleisen 577.
Füllungen 269.
Fumarolen 284.

G.

Gadolinit 441.
Gänge 267.
Gänseköthigerz 524.
Gagat = Jet.
Gahnit 413.
Galaktit 492.
Galenit 351.
Galenobismutit 357.
Galenoide 349.
Galmei 436.
Galmeigruppe 499.
Galvanismus 210.
Gangtrümer 269.
Ganomatit 524.
Gasquellen 570.
Gastaldit 452.
Gattung 312.
Gaylussit 417.
Gearksutit 562.
Gebirgsfeuchtigkeit 276.
Gedrit 449.
Gefärbt 156.
Geflossene Oberfläche 105.
Gefüge 115.
Gehlenit 458.
Geierit 338.
Gekrösestein 535.
Gelbbleierz 551.
Gelbeisenerz 549.
Gelbeisenstein 403.
Gelberde 519.
Gemengtheile 266.
Gemmen 385.
Geoden 114.
Geokronit 357.
Genetische Anordnung 311.
Gersdorffit 339.
Gerstenkörner 417.
Geschichte 2.
Geschmeidig 126.
Gesteine 265, 275.
Gestrickte Formen 98.
Geyserit 386.
Gibbsit 374.
Giesekit 513.
Gigantolith 482.
Gillingit 501.
Giltigerze 362.
Giltstein 505.
Giobertit 435.
Gismondin 492.
Glagerit 519.
Glanz 147.
Glanze 349.
Glanzkobalt 338.
Glaseinschlüsse 111, 283.
Glaserit 534.
Glaserz 350.
Glasglanz 147.
Glaskopf, brauner 401.
— rother 407.
— schwarzer 397.
Glauberit 534.
Glaubersalz 541.
Glaukodot 339.
Glaukolith 457.
Glaukonit 517.
Glaukophan 452.
Glaukopyrit 335.
Gleitflächen 130.
Gletschereis 373.
Glimmergruppe 510.
Glinkit 440.
Glockerit 549.
Glottalith 494.
Gmelinit 494.
Göthit 400.
Gold 330.
Goldamalgam 331.
Goniometer 18.
Goslarit 550.
Gräupeln 373.
Graminit 501.
Grammatit 450.
Granat 479.
— böhmischer 481.
Granatgruppe 476.
Graphit 328, 577.
Graubraunstein 395, 396.
Grauspiessglanz 354.
Greenockit 368.
Greenovit 521.
Grengesit 509.
Groppit 482.
Groroilith 398.

Grossular 480
Grothit 521.
Grünbleierz 529.
Grüneisenerz 531.
Grünerde 517.
Grünsand = Glaukonit.
Grunerit 452.
Gnadalcazarit 370.
Guanit 532.
Guano 528.
Guarinit 521.
Gümbelit 519.
Gummierz 395.
Gurbofian 435.
Gurolith 499.
Gymnit 504.
Gyps 541.
Gypsotype 534.
Gyrolith 499.

H.

Haarkies 346.
Haarsalz 547.
Hämatit 404.
Hämatokonit 431.
Härte 133.
Härtecurve 136.
Hagel 373.
Hagemannit 562.
Haidingerit 523.
Halate 555.
Halbopal 387.
Halite 554.
Hallit 516.
Halloysit 519.
Haloidsalze 242.
Halotrichit 547, 548.
Hamartit 562.
Hannayit 532.
Harmotom 497.
Harringtonit 492.
Harrisit 350.
Hartit 569.
Hartmanganerz 397.
Harze 563.
Haselgebirge 557.
Hatchettin 569.
Hatchettolith 522.
Hauerit 370.
Haugthonit 517.
Hauptaxe 25, 56, 60.
Hauptbrechungsquot. 188.
Hausmannit 396.
Hauyn 453.
Haydenit 494.
Hayesin 417.
Haytorit 384.
Hebronit 529.
Hedenbergit 446.
Hedyphan 524.
Heliotrop 384.
Helminth 509.
Helvetan 516.
Helvin 441.
Hemidoma 49, 52.
Hemiëdrie 26.
— pyramidale 59, 67.
— pyritoëdrische 74.
— sphenoidische 58.
— tetraëdrische 72.
Hemimorphie 28.
Hemimorphit 499
Hemiprisma 49.
Hemipyramiden 52.
Henwoodit 532.
Hercynit 413.
Herderit 529.
Hermannit 452.
Herrerit 436.
Herrengrundit 550.
Herschelit 494.
Hessit 355.
Hessonit 480.
Hetairit 400.
Heterogenit 400.
Heteromorphie 249.
Heteromorphit 356.
Heterosit 530
Heubachit 400.
Henlandit 495.
Hexaëder 69.
Hexagonales System 60.
Hexakisoktaëder 72.
Hexakistetraëder 73.
Hiddenit 448.
Hjelmit 522.
Hieratit 562.
Himbeerspath 438.
Hisingerit 501.
Hörnesit 523.
Hohlspath 472.
Holzopal 387.
Holzstein 384.
Holzzinnerz 393.
Homichlin 349.
Homöomorph 253.
Honigstein 562.
Hopeït 531.
Horbachit 346.
Hornblei 554
Hornblende 451.
Hornsilber 555.
Hornstein 383.
Hortonolith 441.
Houghit 374.
Howlit 417.
Hübnerit 554.
Hüttenrauch 394.
Humboldtilith 458.
Humit 441.
Hureaulit 530.
Huronit 482.
Hversalt 548.
Hyacinth 388, 480.
Hyalin 12.
Hyalith 387.
Hyalomelan 472.
Hyalophan 463.
Hyalosiderit 440.
Hydrargillit 374.
Hydratwasser 246.
Hydraulischer Kalk 432.
Hydroapatit 528.
Hydroboracit 417.
Hydrocerit 418.
Hydrocerussit 419.
Hydrodolomit 417.
Hydrofluocerit 562.
Hydrohämatit 401.
Hydroite 371.
Hydromagnesit 417.
Hydromagnocalcit 417.
Hydrophan 387.
Hydrophit 503.
Hydropit 448.
Hydrosilicate 489.
Hydrotalkit 374.
Hydrozinkit 418.
Hygrophilit 520.
Hypersthen 444
Hyposklerit 468.
Hypoxanthit 403.
Hystatit 408.

I.

Iberit 482.
Ichthyophthalm 498.
Idiochromatisch 156.

Idiophane Axenbilder 192.
Idokras 487.
Idrialit 568.
Iglesiasit 421.
Ikositetraëder 71.
Ilmenit 408.
Ilmenorutil 390.
Ilvait 441.
Imprägnationen 273.
Indianit 471.
Indices 42.
Indicolith 478.
Interferenz 157.
Interferenzfiguren 172.
Iolith 482.
Iridium 334.
Iridosmium 334.
Iserin 409.
Isodimorphie 254.
Isogonismus 251, 254.
Isoklas 532.
Isomorphie 250.
Isomorphe Mischung 254.
— Schichtung 106.
Isotrop = einfach brechend.
Itabirit 406.
Ittnerit 453.

J.

Jacobsit 411.
Jadeit 448.
Jalpait 351.
Jamesonit 356.
Jarosit 549.
Jaspis 383.
Jaspopal 387.
Jaulingit 564.
Jayet 565.
Jefferisit 517.
Jeffersonit 447.
Jenkinsit 503.
Jet 565.
Jodargyrit 555.
Jodit 555.
Jodobromit 555.
Jodquecksilber 555.
Jodsilber 555.
Johannit 549.
Johnstonit 353.
Jordanit 357.
Joseït 355.
Jndenpech 568.
Julianit 361.

K.

Kämmererit 507.
Kännelkohle = Cannelkohle.
Kainit 547.
Kakoxen 531.
Kalait 532.
Kalialaun 548.
Kalifeldspathe 458.
Kaliglimmer 511.
Kalinit 548.
Kalisalpeter 532.
Kalisulfat 534.
Kalkbaryt 539.
Kalkgesteine 275.
Kalkglimmer 510.
Kalkharmotom 496.
Kalkmalachit 419.
Kalk-Natronfeldspathe 464.
Kalksalpeter 533.
Kalksinter 290, 430.
Kalkspath 425.
Kalkstein dichter 431.
— dolomitischer 431.
— körniger 431.
Kalktuff 432.
Kalkuranit 531.
Kalomel 555.
Kaluszit 545.
Kamazit 577.
Kammkies 343.
Kampylit 524.
Kaneelstein 480.
Kanonenspath 429.
Kaolin 518.
Kaolinit 517.
Kapnit 436.
Kappenquarz 380.
Karelinit 371.
Karfunkel 481.
Karinthin 451.
Karpholith 488.
Karstenit 534.
Kascholong 385.
Kascholongopal 387.
Kasiterit 391.
Kastor 472.
Katapleït 522.
Katzenauge 382, 414.
Kausimkies 344.
Kehlheimer Platten 432.
Keilhauit 521.
Kenngottit 366.
Keramohalit 547.
Kerargyrit 555.
Kerasin 554.
Kerate 554.
Kermes 371.
Kernkrystall 105.
Kerolith 504.
Kerstenit 550.
Kibdelophan 408.
Kiese 334.
Kieselgesteine 275.
Kieselguhr 387.
Kieselkalk 431.
Kieselkupfer 500.
Kieselmalachit 500.
Kieselmangan 418.
Kieselringe 124.
Kieselschiefer 383.
Kieselsinter 386.
Kieseltuff 386.
Kieselwismuth 441.
Kieselzinkerz 499.
Kieserit 545.
Kilbreckenit 357.
Killinit 520.
Kjerulfin 529.
Klappersteine 404.
Klaprothit 362.
Klastische Gebilde 265.
Klinochlor 508.
Klinodoma 52.
Klinohumit 441.
Klinoklas 523.
Klinopinakoid 52.
Klinopyramide 52.
Klipsteinit 501.
Knebelit 441.
Knistersalz 556.
Knollenopal 387.
Knottenerz 353.
Kobaltarsenkies 338.
Kobaltbeschlag 524.
Kobaltblüthe 523.
Kobaltformation 336.
Kobaltglanz 338.
Kobaltin 338.
Kobaltkies 356.
Kobaltmanganerz 400.
Kobaltnickelkies 346.
Kobaltspath 438.
Kobaltvitriol 550.
Kobellit 357.
Kochsalz 555.

Königsgelb 371.
Könleinit 569.
Körnig 115.
Köttigit 524.
Kohlen 564.
Kohlenblende 567.
Kohleneisenstein 437.
Kohlengalmei 436.
Kohlensäure, flüssige 110.
Kohlensaures Natron 417.
Kokkolith 446.
Kokscharowit 452.
Kollyrit 519.
Kolophonit 481, 488
Komarit 501.
Kongsbergit 331.
Konoskop 172.
Koppit 522.
Korallenerz 369.
Korund 375.
Korundophilit 508.
Korynit 339.
Kotschubeit 508.
Krablit 463, 471
Krantzit 564.
Kraurit 531
Kreide 432.
Kreidetuff 432.
Kreislauf der Stoffe 307.
Kreittonit 413.
Kremersit 554.
Krennerit 355.
Kreuzstein 497.
Krokoit 551.
Krokydolith 452.
Krusten 269.
Kryolith 561.
Kryophillit 514.
Kryptolith 530
Kryptomorphit 417.
Krystall 12.
Krystalle, künstliche 14.
— von doppelter Bildung 105.
Krystalldruse 114.
Krystallformen 22.
Krystallgruppe 113.
Krystallinisch 11, 114
Krystallinische Schiefer 275.
Krystallisationskraft 100.
Krystallisirt 11.
Krystallite 101.
Krystallmessung 18.
Krystallmolekel 35.
Krystallskelete 98.
Krystallstock 77.
Krystallsysteme 25.
Krystallwasser 245.
Krystallwinkel 17.
Künstliche Darstellung der Minerale 259.
Kupfer 332, 348.
Kupferantimonglanz 362.
Kupferblau 500.
Kupferblende 361.
Kupferblüthe 394.
Kupferglanz 349.
Kupferglas = Kupferglanz.
Kupferglimmer 523.
Kupfergrün 500.
Kupfersilberglanz = Stromeyerit.
Kupferindig 350.
Kupferkies 346.
Kupferlasur 419.
Kupfermanganerz 400.
Kupfernickel 336.
Kupferpecherz 403.
Kupfersammterz 550.
Kupferschaum 523.
Kupferschwärze 400.
Kupferuranit 531.
Kupfervitriol 550.
Kupferwismuterz 362.
Kupferwismutglanz 362.
Kupfferit 449.
Kyanit 473.
Kymatin 451.
Kymatolith 448.
Kyrosit 344.

L.

Labradorit 469.
Lager 267.
Lagerstätten 265.
Lagonit 417.
Lamprite 334.
Lanarkit 541.
Lancasterit 417.
Langit 550.
Lanthanit 418.
Lapis crucifer 472.
— Lazuli 453.
— tiburtinus 432.
Larderellit 417.
Lasionit = Wavellit.
Lasurstein 453.
Lateralsecretion 287, 292, 294.
Latrobit 471.
Laumontit 493.
Laurit 349.
Lava 282.
Lavezstein 505.
Laxmannit 551.
Lazulith 532.
Leadhillit 550.
Leberblende 367.
Leberkies 344.
Lehm 519.
Lehuntit 492.
Lenzin 519.
Leonhardit 493.
Lepidokrokit 400.
Lepidolith 514.
Lepidomelan 517.
Lepolith 471.
Lerbachit 355.
Letternmetall 354.
Lettsomit 550.
Leuchtenbergit 508.
Leucit 454.
Leucitgruppe 453.
Leukophan 442.
Leukopyrit 335.
Leukotil 503.
Leukoxen 521.
Leukoxyde 373.
Levyn 494.
Lherzolith 440.
Libelle 109.
Libethenit 531.
Lichtbrechung 148.
— doppelte 151.
Lichtfiguren 144.
Liebenerit 454, 513.
Liebigit 419.
Liëvrit 441.
Lignit 564.
Ligroin 571.
Lillit 501.
Limonit 401.
Linarit 550.
Lindsayit 471.
Linnéit 346.
Linsenerz 523.
Liparit 560.
Liquide Kohlensäure 110.
Lirokonit 523.
Literatur 8.

Lithionglimmer 514.
Lithionit 514.
Lithiophilit 530.
Lithiophorit 398.
Lithographische Steine 432.
Livingstonit 357.
Löllingit 335.
Löslichkeit 285.
Löss 519.
Löthrohr 217.
Löweit 547.
Löwigit 548.
Loganit 507.
Lonchidit 344.
Lophoit 509.
Lose Krystalle 97.
Loxoklas 461.
Luchssapphir 482
Ludlamit 531.
Ludwigit 416.
Lumachell = Muschelmarmor.
Lüneburgit 532.
Lunnit 531.
Luzonit 362.
Lydit 383.

M.

Magnesiaglimmer 514.
Magnesiasalpeter 533.
Magnesioferrit 411.
Magnesit 435.
Magnote, natürliche 409.
Magneteisenerz 409.
Magnetismus 211.
Magnetit 409.
Magnetkies 345, 577.
Magoolit 550.
Majolica 518.
Makrodoma 49, 54.
Makropinakoid 49, 54.
Makropyramiden 49, 54.
Malachit 418.
Malakolith 446.
Malakon 389.
Maldonit 355.
Mallardit 550.
Malthacit 519.
Maodelsteine 118.
Manganblende 370.
Mangandolomit 438.
Manganepidot 487.
Mangaoerze 398.
Manganit 395.
Mangani-Verbindungen 237.
Mangankiesel 448, 501.
Manganknollen 398.
Manganocalcit 432.
Manganosit 397.
Mangano-Verbindungen 237.
Manganschaum 397.
Manganspath 438.
Mangauvitriol 550.
Marcelin 397.
Marekanit 471.
Margarit 510.
Margarodit 514.
Marialith 457.
Marienglas 544.
Markasit 343.
Marmolith 502.
Marmor, farbiger 431.
— weisser 431.
Martit 408.
Mascagnin 534.
Maskelynit 579.
Masonit 510.
Massengesteine 275, 284.
Massicot 393.
Matlockit 554.
Matt 147.
Maxit 550.
Meerschaum 504.
Meerwasser 278.
Megabromit 555.
Mejonit 457.
Melaconit 393.
Melanglanz 362.
Melanit 481.
Melanochroit 551.
Melanolith 501.
Melanophlogit 388.
Melanterit 549.
Melilith 458.
Melinit 519.
Melinophan 442.
Mellit 562.
Melonit 346
Menaccanit 409.
Mendipit 554.
Mendozit 548.
Meneghinit 357.
Mengit 522.
Menilit 387.
Mennige 393.
Mercur 332.
Mercurblende 369.
Mergel 432.
Mergelkalkstein 432.
Meroëdrie 28.
Meroxen 514.
Mesitinspath 438.
Mesole 492.
Mesolith 491.
Mesotyp 491.
Messing 348.
Messingblüthe 418.
Metabrushit 532.
Metachlorit 509
Metacinnabarit 370.
Metallglanz 147.
Metalloide 324.
Metasilicate 243.
Metaxit 504.
Meteor 572.
Meteoreisen 575.
Meteorite 572.
Meymacit 395.
Miargyrit 366.
Micarell 513.
Miesit 529.
Mikrobromit 555.
Mikrochemische Analyse 224.
Mikroklin 463.
Mikrolith 522.
Mikrolithe 100.
Mikroskopische Untersuchung 101.
Mikrosommit 454.
Milarit 472.
Milchquarz 382.
Milde 126.
Millerit 346.
Miloschin 519.
Mimesie 90.
Mimetesit 524.
Mimetische Krystalle 90.
— optisches Verhalten 196.
Mineral 1.
Mineralbildung durch Orgaoismen 294.
Mineralgang 268.
Mineralgänge, Bildung 291.
Minium 370, 393.
Mirabilit 541.
Mischkrystalle 254.
Mischungsgewichte 227.
Misspickel 337.
Misy 549.

Mittellinie 184.
Mixit 523.
Mizzonit 457.
Mokkastein = Moosachat.
Molecularbewegung 110.
Molecularebenen 36.
Moleculargewicht 231.
Molecularlinien 36.
Molecularnetz 39.
Molekel 230.
Molekelverbindungen 246.
Molybdänbleispath 551.
Molybdänglanz 353.
Molybdänit 353.
Molybdänocher 395.
Molybdate 551.
Molysit 554.
Monazit 530.
Mondstein 461.
Monheimit 436.
Monoklines System 50
Monosymmetrisches System 50.
Monradit 444.
Monrolith 473.
Montanit 550.
Montebrasit 529.
Monticellit 441.
Montmorillonit 519.
Morasterz 403.
Morenosit 550.
Morion 381.
Moroxit 527
Morphotropie 254.
Morvenit 497.
Mosandrit 487.
Mottramit 525.
Mullicit 530.
Murchisonit 463.
Muriazit 534
Muromontit 487.
Muscovit 511.
Myelin 518.
Mysorin 419.

N.

Nachahmende Gestalten 116.
Nachahmung der Minerale 259.
Nadeleisenerz 400.
Nadelerz 362.
Nadelzinnerz 391.
Nadorit 523.
Nagelkalk 430.
Nagyagit 355.
Nakrit 517.
Nantokit 501, 555.
Naphtha 569.
Nasser Weg 220.
Nasturan 411.
Natroborocalcit 417.
Natrolith 491.
Natron 417.
Natronalaun 548.
Natronglimmer 514.
Natron-Kalkfeldspathe 464
Natronorthoklas 468.
Natronsalpeter 533.
Natronseen 289
Naturspiele 117.
Naumannit 355.
Neftgil 569.
Negative Krystalle 106
Nemalith 374.
Neolith 504.
Neotyp 432.
Nephelin 454.
Nephrit 450.
Nester 273.
Neubildung 281.
Neusilber 337.
Newberryit 532.
Newjanskit 334.
Nickelarsenkies 339.
Nickelblüthe 524.
Nickelglanz 339.
Nickelin 336.
Nickelkies 346.
Nickelocher = Annabergit
Nickeloxyd 400.
Nickelsmaragd 419.
Nickelvitriol 550.
Nicol'sches Prisma 166.
Niederschlagsbildung 288.
Nierförmig 117.
Nigrin 390
Niobit 522.
Nitrate 532.
Nitratin 533.
Nitrotype 522.
Nocerin 562.
Nohlit 522.
Nomenclatur 320.
Nontronit 501.
Nontronit-Gruppe 500.
Nordmarkit 477.
Nosean 453.
Nussierit 529.
Nuttalit 457.

O.

Obsidian 471.
Ocher 394.
— gelber 402.
— rother 408.
Oellacherit 513.
Oelquellen 570.
Oerstedtit 389.
Okenit 499.
Oktaëder 70.
Olafit 468.
Oldhamit 577.
Oligoklas 468.
Oligonspath 438.
Olivenit 523.
Olivin 439, 578.
Olivenfels 440
Olivingruppe 439.
Omphacit 447.
Onegit 400
Onkoit 509
Onkosin 513.
Onofrit 370.
Onyx 385.
Onyxmarmor 430.
Oolithe 431.
Oosit 482.
Opal 386.
Opaljaspis 387.
Operment 370.
Ophites 501
Optisch einaxig 153.
Optisch negativ 182
Optische Orientirung 181, 193.
Optisch positiv 182.
Optisch zweiaxig 153.
Orangit 389
Ordnung 316.
Organismen, Bildung der Minerale durch, 294.
Orizit 495.
Orthit 487.
Orthodoma 52.
Orthoklas 458.
Orthopinakoid 52.
Orthopyramide 52.
Orthosilicate 243.
Orthoskop 167.

Osmelith 442.
Osmiridium 334.
Osteolith 527.
Ottrelith 510.
Owenit = Thuringit.
Oxalit 563.
Oxydationsflamme 218.
Oxyde 371.
Ozokerit 568.

P.

Pachnolith 562.
Packfong 337.
Pajsbergit 448
Palladium 334.
Pallasit 578.
Pandermit 417.
Paradoxit 461.
Paraffin 568.
Paragenesis 263.
Paragonit 514.
Parallele Verwachsung 77.
Paralogit 457.
Paramagnetisch 211.
Parameter 29.
Parametergesetz 32.
Paramorphosen 301.
Paranthin 457.
Parasit 416.
Parasitisch 281.
Parastilbit 495.
Pargasit 451.
Parisit 562.
Partschin 482
Passauit 457.
Patrinit 362.
Paulit 444.
Pechstein 471.
Peganit 532.
Pegmatolith 461.
Pektolith 442.
Pelagit 398.
Pelikanit 519.
Peliom 482
Pencatit 374.
Pennin 507.
Pentagondodekaëder 74.
Peplolit 482.
Percylit 555.
Peridot 439.
Periklas 374.
Periklin 467.
Perimorphosen 99.
Peristerit 468.
Perlglimmer 510.
Perlit 471.
Perlmutter 425.
Perlmutterglanz 148.
Perlsinter = Hyalith.
Perlspath 434.
Perowskit 521.
Perthit 461.
Petalit 472.
Petroleum 569.
Petzit 355.
Phaestin 444.
Phakolith 494.
Pharmakolith 523.
Pharmakonite 523.
Pharmakosiderit 524.
Phenakit 441.
Phengit 513.
Phillipsit 496.
Phlogopit 516.
Phönicit 551.
Pholerit 519.
Phosgenit 554.
Phosphate 525.
Phosphorchalcit 531
Phosphoreisensinter = Diadochit.
Phosphorescenz 200.
Phosphorit 527.
Phosphorkupfererz 531.
Phosphornickeleisen 577.
Phosphorsalzperle 218.
Photicit 448.
Photogen 570.
Physiologie 7.
Piauzit 564.
Picit 531.
Pickeringit 548.
Picotit 413.
Piemontit 486.
Pigment 156.
Pikranalcim 493.
Pikrolith 502.
Pikromerit 547.
Pikropharmakolith 523.
Pikrophyll 504.
Pikrosmin 504.
Pikrotanit 408.
Pikrotephroit 441.
Pilit 451.
Pimelith 504.
Pinakoid 49.
Pinguit 501.
Pinit 482, 513.
Pinitoid 520.
Pinolit 436.
Piotin 504.
Pisanit 550.
Pisolithe 430.
Pissophan 549
Pistazit 485.
Pistomesit 438.
Pitkärandit 451.
Pitticit 524.
Plagioklas 464, 579.
Plagionit 357.
Planerit 532.
Plasma 384.
Platin 333.
Platiniridium 334.
Plattnerit 393.
Pleochroismus 187.
Pleonast 413.
Pleromorphosen 120.
Plessit 577.
Plinian 338.
Plinthit 519.
Plumbocalcit 432.
Plumosit 356.
Polarer Magnetismus 211.
Polarisation 161.
Polarisationsinstrument 172.
Polarisationsmikroskop 167.
Polianit 397.
Polirschiefer 387.
Pollux 456.
Polyadelphit 482.
Polyargit 471.
Polybasit 362.
Polychroit 482.
Polydymit 345.
Polyëdrie 104.
Polyhalit 547.
Polykras 522.
Polymignyt 522.
Polymorphie 248.
Polysphärit 529.
Poonalith 492.
Porodin 12.
Porpezit 331.
Porzellanerde 518.
Porzellanjaspis 518.
Porzellanspath 457.
Pneumatolitisch 280.
Prasem 382.

Praseolith 482.
Prasin 531.
Predazzit 374.
Pregrattit 514.
Prehnit 489.
Prehnitoid 457.
Priceit 417.
Primäre Bildung 276.
Primäre Flächen 42.
Prismenflächen 31.
Projection der Krystalle 43.
Prosopit 562.
Protobastit 444.
Protoprisma 57, 63.
Protopyramide 58, 63.
Protovermiculit 517.
Proustit 365.
Pseudoapatit 528.
Pseudolibethenit 531.
Pseudomalachit 531.
Pseudomorphosen 119.
— Bedeutung der 300.
— Eintheilung der 301.
— Nachahmung der 300.
Pseudophit 507.
Pseudosymmetrie 90.
Pseudotriplit 530.
Psilomelan 397.
Pterolith 517.
Pucherit 525.
Pufferit 496.
Puschkinit 487.
Pyknit 475.
Pyknometer 213.
Pyknotrop 507.
Pyrallolith 504.
Pyramidale Hemiëdrie 59, 67.
Pyramidenflächen 31.
Pyrargyrit 363.
Pyrenait 482.
Pyrgom 447.
Pyrit 340.
Pyritoide 334.
Pyrochlor 522.
Pyrochroit 397.
Pyrolusit 396.
Pyromorphit 529.
Pyrop 481.
Pyrophyllit 519.
Pyrophysalit 475.
Pyropissit 569.
Pyroretin 564.
Pyrorthit 487.
Pyrosklerit 509.
Pyrosmalith 500.
Pyrostibnit 371.
Pyrostilpnit 366.
Pyroxen 444, 579.
Pyroxen-Amphibolgruppe 442.
Pyrrhosiderit 400.
Pyrrhotin 345.

Q.

Quadratisches System 55.
Qualitative Proben 221.
Quantit. Mineralanalyse 226.
Quarz 377.
Quarzgruppe 377.
Quarzit 382.
Quecksilber 332.
Quecksilberfahlerz 360.
Quecksilberhornerz 555.
Quecksilberlebererz 369.
Quellen 276.
Quellerz 403.

R.

Rabenglimmer 514.
Radiatenkalk 430.
Radiolith 491.
Rädelerz 357.
Ralstonit 562.
Rammelsbergit 336
Raphilit 451.
Raseneisenerz 403.
Rastolyt 516.
Rauchtopas 381.
Rauschgelb 370.
Razumoffskin 519.
Realgar 370.
Réaumur'sches Porzellan 119.
Reddingit 531.
Redruthit 349.
Reduction 217, 296.
Reductionsflamme 218.
Reflexion 144.
Regenerirte Gesteine 265.
Regenwasser 276.
Reguläres System 68.
Reif 373.
Reinit 554.
Reissblei 328.
Remingtonit 419.
Rensselärit 506.
Retinalith 502.
Retinit 563.
Rhabdit 577.
Rhätizit 474.
Rhagit 523.
Rhodicit 416.
Rhodochrom 597.
Rhodochrosit 438.
Rhodonit 448.
Rhombendodekaëder 70.
Rhombisches System 52.
Rhomboëder 64.
Rhomboëdr. Hemiëdrie 64.
Rhyakolith 462.
Richterit 452.
Rionit 361.
Ripidolith 509.
Rittingerit 366.
Rivotit 523.
Römerit 549.
Röthel 408.
Röttisit 501.
Rogensteine 431.
Romanzowit 482
Romeït 523.
Roscoelith 513.
Roselith 523.
Rosellan 471.
Rosenquarz 382.
Rosette 327.
Rosit 471.
Rosthornit 564.
Rothbleierz 551.
Rotheisenerz 404.
Rotheisenstein 407.
Rothgiltigerz, dunkles 363.
— lichtes 365.
Rothhoffit 482.
Rothkupfererz 393.
Rothnickelkies 336.
Rothspiessglaserz 371.
Rothzinkerz 393.
Rubellan 516.
Rubellit 478.
Rubicell 413.
Rubin 376.
— brasilianischer 475.
Rubinglimmer 400.
Rubinschwefel 370.
Rubinspinell 412.
Ruinenmarmor 432.
Rutil 389.
Rutschflächen 268.

S.

Saccharit 471.
Safflorit 336.
Sagenit 390.
Salit 446.
Salmiak 559.
Salpeter 532.
Salze 241.
Salzkupfererz 555.
Salzseen 289.
Samarskit 522.
Sammtblende 400.
Samoit 519.
Sandbergerit 361.
Sandarach 370.
Sanidin 462.
Saponit 504.
Sapphir 376.
Sapphirin 477.
Sapphirquarz 382.
Sarder 384.
Sardinian 541.
Sardonyx 385.
Sarkolith 458.
Sarkopsid 529.
Sartorit 357.
Sassolin 374.
Säuerlinge 372.
Saure Reaction 221.
— Salze 242.
Saussurit 471.
Schalenblende 367.
Schalig 116.
Schalige Zusammensetzg. 130.
Schaumkalk 425.
Scheelbleierz 552.
Scheelit 552.
Scheererit 569.
Schefferit 447.
Scherbenkobalt 329.
Schichtgesteine 275.
Schieferspath 430.
Schilfglaserz 366.
Schillern 146.
Schillerspath 444, 503.
Schimmernd 147.
Schirmerit 362.
Schlagfiguren 131.
Schlammvulkane 570.
Schmelzbarkeit 206.
Schmelzen 206.
Schmelzfiguren 372.
Schnee 373.
Schneebergit 523.
Schörl 479.
Schorlomit 521.
Schreibersit 577.
Schrifterz 355.
Schriftgranit 462, 468.
Schrötterit 519.
Schwartzembergit 555.
Schwarzbleierz 421.
Schwarzerz 402.
Schwarzkohle 565.
Schwatzit 360.
Schwefel 324.
Schwefelkies 340.
Schwefelwässer 372.
Schwerbleierz 393.
Schwerspath 536.
Schwerstein 552.
Schwingungsrichtungen 164.
Secundäre Bildung 281.
Seebachit 494.
Seeerz 403.
Seesalz 558.
Seidenglanz 148.
Seifenstein 504.
Seifenzinnerz 393.
Seladonit 517.
Selenblei 355.
Selenbleikupfer 355.
Selenbleispath 550.
Selenkupfer 355.
Selenkupferblei 355.
Selenquecksilber 355.
Selenquecksilberblei 355.
Selensilber 355.
Selenwismutglanz 354.
Sellait 562.
Senarmontit 395.
Sepiolith 504.
Sericit 513.
Serpentin 501.
Serpentinasbest 503.
Serpentingruppe 501.
Seybertit 510.
Siberit 478.
Siderit 436.
— thoniger 437.
Siderokonit 431.
Sideromelan 472.
Sideroplesit 438.
Sideroschisolith 509.
Siegburgit 561.
Siegelerde 519.
Siegenit 346.
Silber 331.
Silberamalgam 332.
Silberantimonglanz = Miargyrit.
Silberfahlerz 360.
Silberglanz 350.
Silberhornerz 555.
Silberkies 345.
Silberkupferglanz 351.
Silberwismutglanz 366.
Silicate 438, 439.
Silicatgesteine 275.
Silicide 438.
Silicoborocalcit 417.
Silicotype 417.
Sillimanit 473.
Simonyit 546.
Sismondin 510.
Skalenoëder, hexagonales 65.
— tetragonales 59.
Skapolith 456.
Skleroklas 357.
Sklerometer 135.
Skolezit 491.
Skolopsit 453.
Skorodit 524.
Skutterudit 336.
Smalte 337.
Smaltin 335.
Smaragd 483.
Smaragdit 451.
Smirgel 376.
Smithsonit 436.
Soda 417.
Sodalith 453.
Solfataren 285.
Sombrerit 528.
Sommervillit 458.
Sonnenstein 469.
Soolquellen 372.
Spadait 504.
Spaltbarkeit 127.
Spalten 268.
Spaniolit 360.
Spargelstein 527.
Spartait 432.
Spatheisenstein 436.
Spathiopyrit 336.
Specifisches Gewicht 212.
Speckstein 505.
Spectroskop 219.

Speerkies 344.
Speiskobalt 335.
Spessartin 481.
Sphärit 532.
Sphärocobaltit 438.
Sphärosiderit 437.
— thoniger 437.
Sphalerit 366.
Sphen 520.
Sphragid 519.
Spiauter 368.
Spianterit 368.
Spiessglas 354.
Spinell 412.
Spinelotype 412.
Spodumen 448.
Spreustein 491.
Spröde 126.
Sprödglaserz 362.
Sprödmetalle 328.
Sprudelstein 425.
Spurenstein 124.
Staffelit 527.
Stalaktitisch 117.
Stannit 393.
Stassfurtit 416, 514.
Staurolith 476.
Stauroskop 181.
Steatit 505.
Steinheilit 482.
Steinkerne 124.
Steinkohle 562.
Steinmannit 353.
Steinmark 518.
Steinöl 569.
Steinsalz 555.
Stellit 442.
Stengelig 116.
Stephanit 362.
Sternbergit 344.
Sternquarz 382.
Sternschnuppen 574.
Stiblith 395.
Stilbit 495.
Stilboxyde 388.
Stilpnomelan 509.
Stilpnosiderit 403.
Stinkfluss 561.
Stinkkalk 431.
Stirlingit 441.
Stock 267.
Stoffwechsel 120.
Stolzit 552.
Strahlenblende 368.
Strahlerz 523.
Strahlkies 343.
Strahlstein 450.
— glasiger 446.
Strahlzeolith = Desmin.
Strass 328.
Stratopeit 501.
Strengit 531.
Strich 157.
Striegisan 532.
Strogonowit 457.
Stromeyerit 351.
Stromnit 422.
Strontianit 422.
Strontianocalcit 432.
Structur 116.
Struvit 532.
Studerit 361.
Stylotyp 361.
Stypticit 549.
Subindividuen 103.
Sublimation 207.
Sublimationsproducte 285.
Succession 363.
Succinit 563.
Sulfate 534.
Sulfato-carbonate of Baryta 422.
Sumpferz 403.
Susannit 550.
Sussexit 417.
Sylvanit 355.
Sylvin 559.
Symmetrie der Flächen 25.
— körperliche 23.
Symplesit 524.
Syngenit 545.
Systeme, künstliche 309.
System, natürliches 310.
Szaboit 448.
Szajbelyit 417.

T.

Tabergit 509.
Tachhydrit 560.
Tachylyt 472.
Taenit 577.
Tafelspath 442.
Tagilit 531.
Talk 504.
Talkapatit 528.
Talkhydrat 374.
Talkoid 506.
Talkspath = Magnesit.
Tallingit 555.
Tantaline 522.
Tantalit 522.
Tantalocher 395.
Tapiolith 522.
Tarapacait 551.
Tarnowitzit 424.
Tasmanit 564.
Tauriscit 549.
Tavistockit 532.
Tekticit 549.
Tellur 329.
Tellurblei 355.
Tellurit 395.
Tellurnickel 346.
Tellurocher 395.
Tellursilber 355.
Tellurwismut 355.
Tennantit 361.
Tenorit 393.
Tephroit 441.
Teratolith 519.
Terminologie 7.
Terra cotta 519.
— di Siena 403.
— sigillata 519.
Tesserales System 68.
Tesseralkies 336.
Tetartin = Albit.
Tetartoëdrie 28.
— rhomboëdrische 68.
— trapezoëdrische 67.
Tetradymit 355.
Tetraëder 73.
Tetraëdrit 359.
Tetragonales System 55.
Tetrakishexaëder 70.
Tetraphylin 530.
Textur 115.
Thenardit 534.
Thermonatrit 417.
Thinolith 417.
Thomsenolith 562.
Thomsonit 492.
Thon 518.
Thoneisenstein, brauner 403.
— rother 408.
Thongruppe 517.
Thorit 389.
Traulith 501.

Thrombolith 523.
Thulit 484.
Thuringit 509.
Tiemannit 355.
Tigerauge 452.
Tinkal 416.
Tinkalcit 417.
Tirolit 523.
Titaneisenerz 408.
Titaneisensand, magnetischer 410.
Titanit 520.
Titanolithe 520.
Titanomorphit 521.
Tomback 348.
Topas 474.
— orientalischer 376
Topazolith 481.
Topfstein 505.
Torbernit 531.
Torf 564.
Totale Reflexion 147.
Traubig 117.
Traversellit 451.
Travertin 432.
Tremolit 450.
Triakisoktaëder 71.
Trichite 100.
Tridymit 385, 578.
Trigondodekaëder 73.
Triklines System 48.
Trimorphie 249.
Trinkerit 564.
Tripel 387.
Triphan 448.
Triphylin 529.
Triplit 529.
Triploidit 529.
Trippkeit 525.
Tritoprisma 59.
Tritopyramide 59.
Trockener Weg 217.
Troilit 577.
Trolleit 532.
Trona 417.
Troostit 441.
Tropfsteine 430.
Tropfsteinartig 117.
Trübe 108, 160.
Trümer 269.
Trümerbildung 294.
Tschermigit 548.
Tschewkinit 521.
Türkis 532.
Tungsteine 551.
Tungstein 552.
Turgit 401.
Turmalin 477.
Turnerit 530.
Tutenmergel 430.
Tyrit 522.

U.

Ueberzüge 117.
Ulexit 417.
Ullmannit 339.
Ultramarin, echtes 454.
Umbildung 122.
Umbra 403.
— kölnische 565.
Umwandlung 122, 201, 305.
— des Gefüges 303.
Unechte Flächen 104.
Unghvarit 501.
Uralit 451.
Uralorthit 487.
Uranglimmer 523, 531.
Urankalkcarbonat 419.
Uranocher 395.
Uranocircit 531.
Uranophan 500.
Uranosphärit 395.
Uranospinit 523
Uranotil 500.
Uranpecherz 411.
Urao 417.
Urusit 549.
Urvölgyit 550.
Uwarowit 481.

V.

Valentinit 395.
Valenz 236.
Vanadate 525.
Vanadinit 525.
Variscit 532.
Varvicit 397.
Vauquelinit 551.
Veränderung d. Minerale 296.
Verbindung, einfache 235.
— zusammengesetzte 243.
Verbreitung 262.
Verdrängung 306, 302.
Vererzung 125.
Verkettung 243.
Vermiculit 517.
Verstäubung 143.
Versteinerungen 123.
— Bildung 303.
Verwachsung parallele 77.
— zwillingsgemässe 78.
— ungleichartiger Krystalle 95.
Verwandlung 121.
Verwitterung 305.
Verzerrte Formen 97.
Vesuvian 487.
Vicariirende Bestandtheile 258.
Vicinalflächen 104.
Viertelpyramiden 49.
Villarsit 440, 502.
Violan 448.
Vitriole 549.
Vitriolblei 540.
Vivianit 530.
Völknerit 374.
Voglit 419.
Voigtit 516.
Volborthit 525.
Voltait 549.
Voltzin 371.
Volumgewicht 212.
Vorhauserit 503.
Vorkommen 264.
Vulkanische Asche 277.
Vulpinit 536.

W.

Wachsen d. Krystalle 15, 97.
Wad 398.
Wärmeleitung 202.
Wärmestrahlung 201.
Wärme und Lichtbrechung 205.
Wagnerit 529.
Walait 568.
Walchowit 564.
Walkererde 519.
Walpurgin 523.
Walnewit 510.
Wapplerit 523.
Waringtonit 550.
Washingtonit 408.
Wasser 371.
Wasserblei 353.

Wasserkies 313.
Wassersapphir 182.
Wavellit 532.
Websterit = Aluminit.
Weicheisenkies 314.
Weissbleierz 420.
Weisserz 338.
Weissgiltigerz, dunkles 360.
— lichtes 361.
Weissigit 463.
Weissit 482.
Weissnickelkies 336.
Weissspiessglanz 395.
Weisstellur 355.
Wellenfläche 186.
Wendezwillinge 81.
Wernerit 457.
Werneritgruppe 456.
Whewellit 563.
Whitneyit 337.
Widmanstätten'sche Figuren 575.
Wiederholungszwillinge 82.
Wiesenerz 403.
Willemit 441.
Williamsit 502.
Wilsonit 457.
Wiluit 488.
Winkel d. Krystallflächen 17.
Winkel der optischen Axen 176.
Wirteliger Bau der Krystalle 25.
Wirth 107.
Wiserin 391, 530.
Wiserit 419.
Wismut 329.
Wismuthblende 441.
Wismutglanz 354.
Wismutgold 355.
Wismutkobaltkies 336.
Wismutocher 395.
Wismutsilber 355.
Wismutspath 419.
Withamit 487.
Witherit 421.
Wittichenit 362.
Wocheinit 374.
Wöhlerit 522.
Wölchit 358.
Wörthit 473.
Wolfachit 339.
Wolframate 551.
Wolframbleierz 552
Wolframit 553.
Wolframocher 395.
Wolfsbergit 362.
Wolkonskoit 500.
Wollastonit 442.
Woodwardit 550.
Würfelerz 524.
Wulfenit 551.
Wundererde 519.
Wurtzit 367.

X.

Xanthit 488.
Xanthokon 366.
Xanthophyllit 510.
Xanthosiderit 403.
Xenolith 473.
Xenotim 530.
Xylochlor 498
Xylotil 504.

Y.

Ytterspath = Xenotim.
Yttroilmenit 522.
Yttrotantalit 522.
Yttrotitanit 521.

Z.

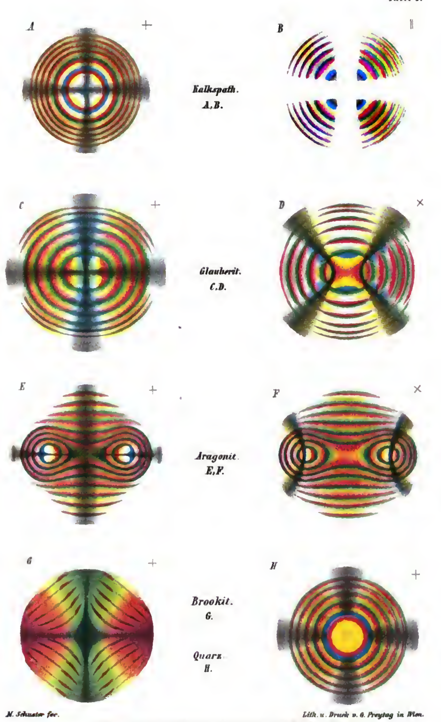
Zähe 126.
Zaratit 419.
Zeagonit 494.
Zellengalmei 436.
Zellenkalk 432.
Zellquarz 382.
Zeolithe 490.
Zepharovichit 532.
Zerknistern 218.
Zersetzung 297.
Zeunerit 523.
Ziegelerz 394.
Zinckenit 356.
Zink 368.
Zinkblende 366.
Zinkblüthe 418.
Zinkeisenspath 436, 438
Zinkit 393.
Zinkosit 541.
Zinkspath 436.
Zinkspinell 413.
Zinkvitriol 550.
Zinn 332.
Zinnerz 391.
Zinnkies 349.
Zinnober 369.
Zinnstein 391.
Zinnwaldit 514.
Zirkon 388.
Zoisit 484.
Zone 22.
Zonenregeln 47.
Zonenverband 46.
Zorgit 355.
Zusammensetzungsflächen 115
Zweckenspath 429.
Zweiaxig 153.
Zwieselit 529.
Zwillinge, künstliche 131.
— optisches Verhalten 193.
Zwillingskrystalle 78.
Zwillingsstöcke 82.
Zwillingsstreifung 103.
Zygadit 468.

Verbesserungen.

Seite	67,	Zeile 7	von oben	lies		von statt vor.
„	129	„ 2	„ unten	„		Gattung statt Art.
„	339	„ 18	„ „	„		Klein und Jannasch statt Groth.
„	346	„ 11	„ oben	„		Beyrichit statt Beyrichi.
„	349	„ 2	„ „	„		Barnhardtit statt Barnhantit.
„	524	„ 21	„ „		ist	„Delvauxit" zu streichen.

Druck von J. C. Fischer & Comp. Wien.

Digitized by Google

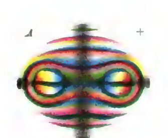


M. Schuster fec.

Lith. u. Druck v. G. Freytag in Wien.

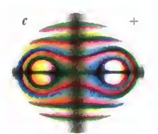
Verlag von Alfred Hölder k.k. Hof- u. Universitäts-Buchhändler in Wien.

Digitized by Google



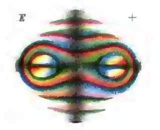


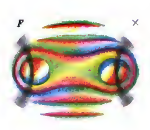
Adular.
Horizontale Dispersion.



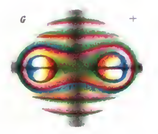


Gyps
Geneigte Dispersion.





Borax
Gedrehte Dispersion.





Oligoklas
Asymmetrische Dispersion.

M. Schuster fec. *Lith. u. Druck v. G. Freytag in Wien.*

Verlag von Alfred Hölder k.k. Hof- u. Universitäts-Buchhändler in Wien.

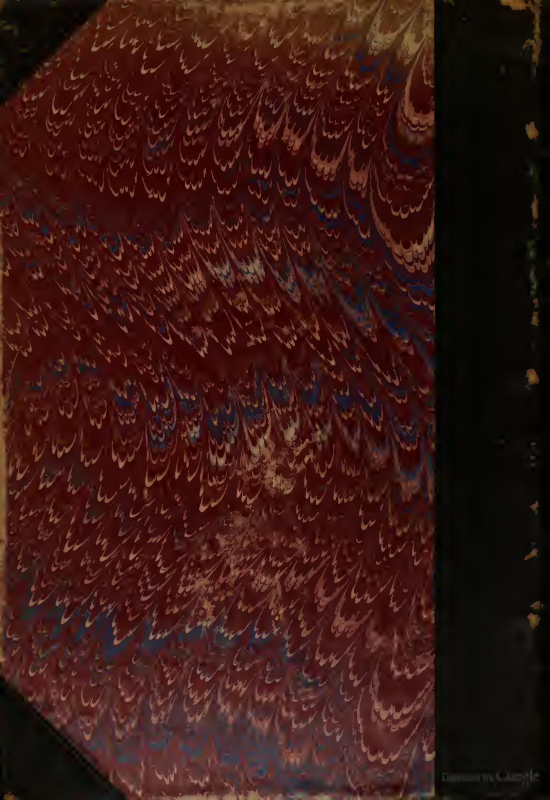
Digitized by Google

Digitized by Google

BOUND
AUG



Digitized by Google


Digitized by Google